

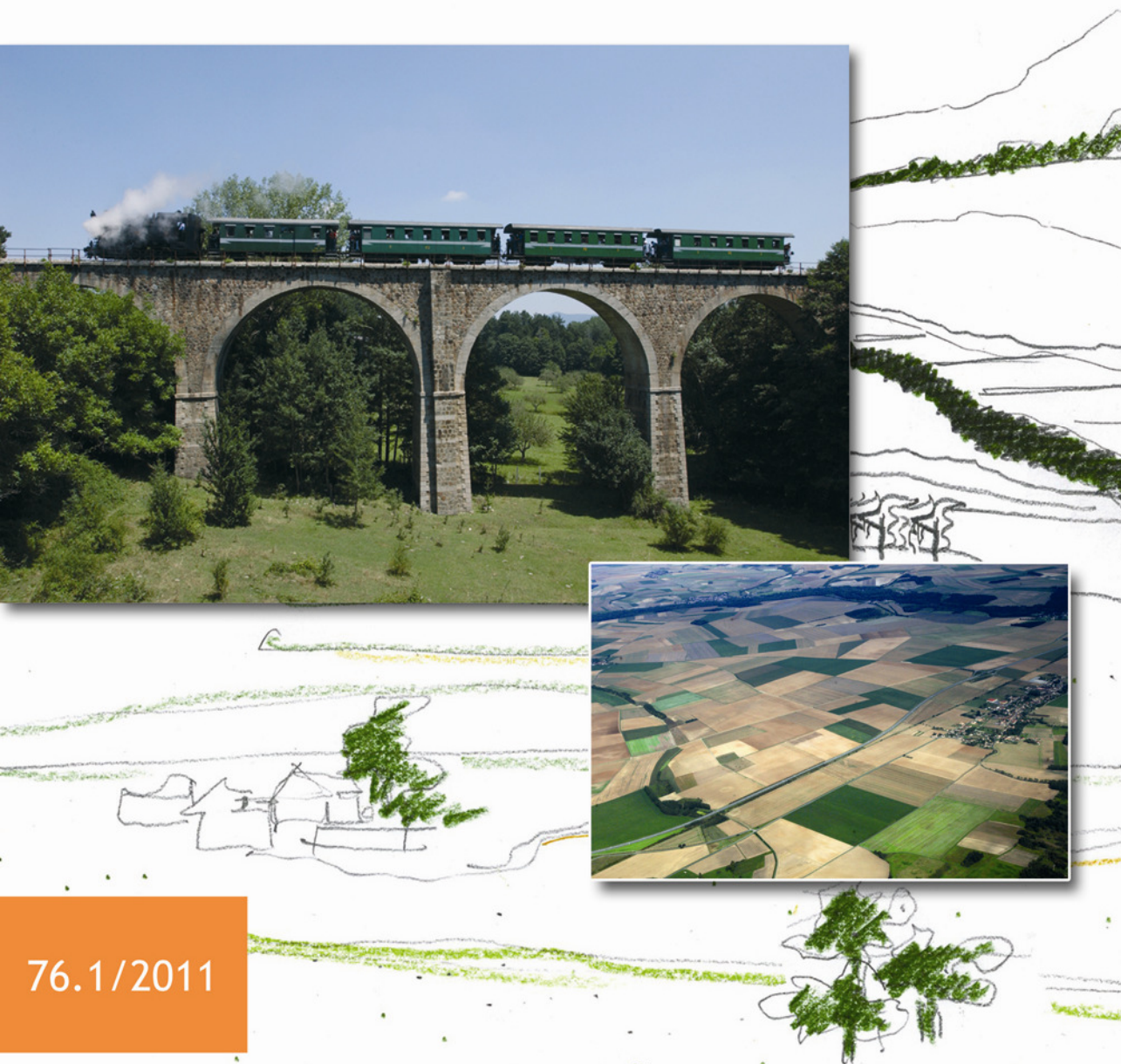


**ISPRA**  
Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

**INU**  
Istituto Nazionale  
di Urbanistica

# Frammentazione del territorio da infrastrutture lineari

Indirizzi e buone pratiche per la prevenzione  
e la mitigazione degli impatti



MANUALI E LINEE GUIDA



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

**INU**  
Istituto Nazionale  
di Urbanistica

# **Frammentazione del territorio da infrastrutture lineari**

---

**Indirizzi e buone pratiche per la prevenzione  
e la mitigazione degli impatti**

---

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), le Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA), le Agenzie Provinciali per la Protezione dell'Ambiente (APPA) e le persone che agiscono per loro conto sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo manuale.

**ISPRA** - L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale  
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma  
[www.isprambiente.it](http://www.isprambiente.it)

ISPRA, Manuali e Linee Guida 76.1 /2011  
ISBN 978-88-448-0526-5  
Prima edizione: dicembre 2011

Riproduzione autorizzata citando la fonte

**Elaborazione grafica**  
ISPRA

*Grafica di copertina:* Franco Iozzoli  
*Foto di copertina:* Paolo Orlandi  
*Disegno di copertina:* Alessia Marinelli

**Coordinamento editoriale:**  
Daria Mazzella  
**ISPRA** – Settore Editoria

Dicembre 2011

**Pubblicato sul sito** <http://www.isprambiente.gov.it/site/it-IT/>

---

### *Curatori*

Valter Fabietti, INU  
Michela Gori, ISPRA  
Matteo Guccione, ISPRA  
Maria Cristina Musacchio, INU  
Luisa Nazzini, ISPRA  
Gabriella Rago, ISPRA

### *Autori*

Corrado Battisti, Provincia di Roma  
Antonio Caffarelli, SNAM Rete Gas Spa  
Marco Dinetti, LIPU  
Maria Elena Menconi, Università degli Studi di Perugia - DUTAGR  
Chiara Pietraggi, TERNA Spa  
Bernardino Romano, Università degli Studi dell'Aquila  
Riccardo Santolini, SIEP Società Italiana Ecologia del Paesaggio

### *Contributi*

Maurizio Bacci, IRIS s.a.s. Strategie per l'Ambiente  
Barbara Banchini, ANAS Spa  
Anna Rita Baruzzi, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
Ginevra Beretta, ANAS  
Mario Bergamo, Autostrade per l'Italia Spa  
Federico Boccalaro, AIPIN  
Romano Bocognani, Ministero delle Infrastrutture  
Maurizio Brunelli, Università degli Studi di Perugia - DUTAGR  
Natalia Caputo, Regione Puglia  
Walter Catalani, RFI Spa-Rete Ferroviaria Italiana  
Claudio Celada, LIPU  
Serena Ciabò, Università degli Studi dell'Aquila  
Paolo Cornolini, AIPIN  
Paolo Debernardi, ARPA Piemonte  
Rossella Degni, Autostrade per l'Italia Spa  
Roberto Ferrazza, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
Franco Ferroni, WWF Italia  
Andrea Fiduccia, Università La Sapienza-Progetto HELIOS GIS  
Elena Fila Mauro, ARPA Piemonte  
Cecilia Frasca, ARPA Piemonte  
Gioia Gibelli, Società Italiana di Ecologia del Paesaggio  
Matteo Guccione, ISPRA  
Maura Lopez, Autostrade per l'Italia Spa  
Paola Martini, IRIS s.a.s. Strategie per l'Ambiente  
Giovanni Mattias, WWF Italia  
Vincenzo Mennella, Università degli Studi di Perugia - DUTAGR  
Adel Motawi, TERNA Spa  
Moreno Neri, Università degli Studi di Perugia - DUTAGR  
Ettore Pacini, Università di Siena  
Beti Piotto, ISPRA Dipartimento Difesa della Natura  
Enrico Rivella, ARPA Piemonte  
Giuliano Sauli, AIPIN  
Roberto Sbruazzo, ARPA Friuli Venezia Giulia  
Carlo Scoccianti, WWF Italia  
Raffaele Sirolli, RFI Spa  
Giuliano Tallone, LIPU

---

Corrado Teofili, WWF Italia  
Davide Vietti, ARPA Piemonte  
Carlo Vivani, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
Marco Vizzari, Università degli Studi di Perugia - DUTAGR  
Francesco Zullo, Università degli Studi dell'Aquila

**Si prega di citare il documento con la seguente dicitura:**

Fabietti V., Gori M., Guccione M., Musacchio M.C., Nazzini L., Rago G., (a cura di), 2011. Frammentazione del territorio da infrastrutture lineari. Indirizzi e buone pratiche per la prevenzione e la mitigazione degli impatti, ISPRA, Manuali e Linee Guida 76.1 /2011

**Indice**

<b>0. PREMESSA .....</b>	<b>5</b>
<b>1. FRAMMENTAZIONE DEGLI HABITAT E INFRASTRUTTURE .....</b>	<b>11</b>
1.1 Le altre negatività ambientali delle infrastrutture sul territorio .....	14
1.2 Rete ecologica: una possibile risposta alla gestione della frammentazione ambientale derivata dall'inserimento delle infrastrutture lineari.....	17
<b>2. GLI INDIRIZZI DELLE SCELTE .....</b>	<b>20</b>
2.1 Quadro dei riferimenti europei e nazionali .....	20
2.2 Problematiche ecologiche legate alle infrastrutture .....	22
2.2.1 Aspetti di pianificazione e di progettazione .....	23
2.2.2 Approcci tecnici e categorie di frammentazione causate dalle infrastrutture .....	25
<b>3. NUOVE INFRASTRUTTURE: LA COSTRUZIONE DI SCENARI PER LA LOCALIZZAZIONE OTTIMALE .....</b>	<b>28</b>
3.1 Criteri generali per la progettazione sostenibile di infrastrutture lineari.....	28
3.1.1 Analisi di contesto .....	31
3.1.2 Valutazione della compatibilità ambientale: analisi preventiva .....	31
3.1.3 Aree ad alta sensibilità rispetto all'inserimento dell'infrastruttura.....	32
3.1.4 Aree a media sensibilità rispetto all'inserimento dell'infrastruttura.....	33
3.1.5 Scelta "ottimale": alternative localizzative (di tracciato) .....	33
3.1.6 Principali misure.....	37
3.1.7 Gestione e manutenzione degli interventi.....	42
3.1.8 Monitoraggio e taratura azioni.....	42
<b>4. BEST PRACTICES.....</b>	<b>44</b>
4.1 Ottimizzazione localizzativa di infrastrutture viarie nel territorio rurale. Caso di studio: strada "delle tre valli ombre" ss 685.....	44
Menconi M.E., Neri M. ....	44
4.2 Studio dei dinamismi faunistici su gruppi zoologici significativi nell'area SIC "Zuc dal Bor" (Val Alba) attraversata dalla rete metanodotto Snam Rete Gas Malborghetto-Bordano .....	47
Molinari P., Montanaro G., De Battisti R.....	47
<b>5. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>50</b>
5.1 Bibliografia specifica .....	50
5.2 Bibliografia consultata .....	52
<b>6. GLOSSARIO .....</b>	<b>58</b>

---

## 0. PREMESSA

Le presenti Linee Guida hanno lo scopo di offrire uno strumento di indirizzo tecnico a tutti coloro che operano nei settori della progettazione di infrastrutture lineari, della progettazione di interventi ambientali ad esse connessi e della valutazione dei progetti stessi. L'obiettivo principale del presente documento è, dunque, quello di trasmettere i concetti di base e i criteri per ridurre la frammentazione ecosistemica e fornire indirizzi di supporto alla scelta e alla progettazione di interventi che tengano conto dei possibili effetti paesaggistici<sup>1</sup> ed ecologici sul territorio e ne prevedano, per quanto possibile, la mitigazione e/o la compensazione.

Il lavoro è il risultato della revisione del Rapporto ISPRA 87/2008 *Tutela della connettività ecologica del territorio e infrastrutture lineari* attraverso la sintesi di alcune tematiche trattate, il rimando, segnalato nel testo, a contributi specialistici contenuti nel Rapporto 87/2008 e l'aggiornamento delle parti normative e delle pratiche (*best practices*) messe in campo negli ultimi anni. In quest'ottica, è sviluppata una trattazione sintetica delle problematiche che si riferiscono all'impatto delle infrastrutture lineari sulla biodiversità e specificatamente sulla connettività ecologica, coerentemente con le indicazioni contenute nella nuova Strategia Nazionale sulla Biodiversità. Viene, quindi, definito, da un lato, il quadro dei fattori ambientali che entrano in gioco e, dall'altro, fornite le indicazioni per una corretta progettazione di tali infrastrutture, con la specifica finalità di mitigarne gli impatti sulla frammentazione ecosistemica.

Il documento non entra in dettagli progettuali, poiché, coerentemente con i principi e le tipologie di intervento sviluppati nelle linee guida già prodotte da ISPRA<sup>2</sup>, è lasciata ai tecnici responsabili della progettazione la specifica individuazione degli interventi in funzione di ciascun caso.

Gli interventi cui si fa riferimento (rimandando soprattutto ai contenuti del Rapporto ISPRA 87/2008) non coprono, di fatto, tutte le tipologie di reti ecologiche, ma solamente quelle terrestri: esulano dunque dalla trattazione le reti ecologiche riconoscibili in ambiente marino o fluviale e quelle che riguardano le rotte degli uccelli poiché esse richiedono una trattazione specifica dal punto di vista analitico e coerenti soluzioni progettuali, adeguate al contesto di riferimento.

Sebbene le infrastrutture lineari di tipo stradale rappresentino una delle principali cause della frammentazione ecosistemica (vedi BOX 2), il presente lavoro ha per oggetto di studio, anche quando non esplicitamente dichiarato, l'insieme delle infrastrutture lineari (reti stradali, ferroviarie ed elettriche, acquedotti, gasdotti, ecc.) e l'impatto che tali infrastrutture possono avere sulle reti ecologiche intese come principale strumento di gestione del territorio atto a contrastare la frammentazione, ossia una delle principali minacce per la conservazione della biodiversità. Non è, quindi, compito di queste linee guida definire le modalità di individuazione delle reti ecologiche né di definire gli interventi volti a proteggerle, tuttavia per completezza di informazione, sono stati inseriti nel testo definizioni sia di carattere generale che specifico (con eventuali riferimenti a fonti bibliografiche) che rimandano a posizioni disciplinari ormai acquisite in campo ambientale ed ecologico.

Un'ultima considerazione va fatta rispetto al quadro normativo di riferimento. In molti Stati europei, le linee guida e analoghi documenti d'indirizzo in merito all'intervento in campo ambientale hanno assunto un vero e proprio carattere prescrittivo, divenendo di fatto assimilabili ad una norma tecnico-strumentale. In Italia tale condizione non si è verificata, e le direttive e gli atti d'indirizzo presenti in diverse documentazioni tecniche, pur autorevoli, continuano a mantenere un carattere sostanzialmente indicativo. Tenuto conto di ciò, nella sintetica scheda costruita per la rappresentazione in breve del quadro normativo e programmatico comunitario e nazionale (vedi BOX 1), si è ritenuto opportuno citare, considerando come riferimento primario la situazione europea, anche documenti che in Italia, non potrebbero assumere valore di legge.

Il presente lavoro vuole quindi rappresentare uno strumento utile alla più rapida implementazione possibile dell'esperienza in Italia su questo tipo di applicazioni che nonostante un notevole lavoro teorico e di sviluppo delle conoscenze, vede ancora una limitata casistica applicativa.

Al fine di definire una documentazione operativa che presenti esplicito carattere di aggiornabilità, così come richiesto dall'argomento, si è scelto di aggiungere, nella parte conclusiva del rapporto, alcuni casi applicativi ritenuti di particolare interesse emblematico (*best practices*), che possono integrare e, in parte, completare i riferimenti all'azione tecnica per gli operatori impegnati nella progettazione

---

<sup>1</sup> Santolini R., Gibelli G., 2008. Infrastrutture viarie e paesaggio in ISPRA, Tutela della connettività ecologica del territorio e infrastrutture lineari, Rapporto 87/2008.

<sup>2</sup> APAT, Manuali e linee guida 26/2003 e ISPRA, Rapporto 87/2008, scaricabili dal sito [www.isprambiente.gov.it](http://www.isprambiente.gov.it)

---

delle infrastrutture lineari, concretizzando la possibilità di fornire, appunto, una maggiore dinamicità all'informazione.

### **BOX 1. QUADRO NORMATIVO E PROGRAMMATICO COMUNITARIO E NAZIONALE\***

Il tentativo di integrare l'obiettivo di conservazione della biodiversità con quelli di sviluppo territoriale determina, negli anni '90, la progressiva introduzione in ambito comunitario, di alcuni importanti documenti di indirizzo programmatico, quale esito degli accordi ratificati in sede internazionale sul trattamento delle questioni ambientali nei processi di sviluppo. Se è vero che in molti Stati europei gli indirizzi di carattere ambientale sono diventati spesso vere e proprie prescrizioni, è altrettanto vero che in alcuni Paesi, tra cui l'Italia, essi continuano a mantenere un valore sostanzialmente indicativo.

Nel 1987, con l'entrata in vigore dell'Atto Unico Europeo, è stata ribadita la necessità di considerare le politiche ambientali come parte integrante di tutte le altre politiche della Comunità e, in particolare, anche per quelle relative alla conservazione della natura. Questo principio porterà a un graduale spostamento degli obiettivi delle politiche ambientali, da un approccio principalmente centrato su azioni di tutela e conservazione del patrimonio naturale (anni '80), ad uno "ecosistemico" che considera le azioni di gestione delle risorse naturali quali misure indispensabili per il mantenimento dell'equilibrio ecologico di un determinato sistema territoriale, a partire dall'attuazione di due principali obiettivi:

- l'integrazione della conservazione della natura e del paesaggio nei processi di pianificazione territoriale;
- la valorizzazione della biodiversità.

Dalla metà degli anni '80 subisce un incremento piuttosto cospicuo la letteratura scientifica statunitense e Nord europea sul tema dell'applicazione dei concetti legati alle connessioni ecologiche nel progetto territoriale. Ciò è avvenuto grazie al contributo dell'ecologia del paesaggio, disciplina scientifica già affermata nei luoghi geografici citati, ma piuttosto defilata in Italia. Rapidamente, però, l'istanza culturale si fa largo, appoggiata anche da diversi interventi della Comunità Europea e, nel 1996, iniziano a comparire nel panorama della ricerca nazionale i primi prodotti che definiscono i contorni del problema, le prospettive e le aperture, le lacune da colmare intensificando l'attività scientifica. Da questo momento in poi i programmi internazionali, le realizzazioni europee e l'attività in Italia s'intensificano e si sovrappongono in un crescendo di maturazione operativa che ancor oggi può ritenersi in via di assestamento.

Centrando l'attenzione sulla realtà europea, nella UE e nei vicini stati dell'Est (Bacon, 2000), i concetti legati alla reticolarità ecologica e alla continuità ambientale si sono diffusi all'interno delle politiche di pianificazione territoriale (Mussner e Plachter, 2002), seppur a diversi stadi di consolidamento e di attuazione, in contesti regionali o, molto spesso, con fisionomia estesa all'intero territorio nazionale. Possono essere citate iniziative in corso già da alcuni anni in Belgio (De Blust e Kuijken, 1996), Francia, Slovacchia (Sabo et al., 1996), Albania, Danimarca (Brandt, 1995), Estonia (Mander et al., 1995), Germania (Burkhardt et al., 1996), Ungheria, Lituania, Polonia (Liro, 1995), Repubblica Ceca, Portogallo, Russia, Slovenia, Spagna (De la Guerra et al., 2002), Svizzera (OFEFP, 2004), Gran Bretagna, Olanda e Italia (Jongman, 1998a; Pungetti, 1998).

Altre iniziative a carattere complessivo possono ritenersi Iene (1999), un progetto finalizzato al miglioramento delle infrastrutture europee secondo logiche di conservazione, e Lynx (1996), che si struttura come una rete internazionale per lo scambio di informazioni e cooperazione sulle reti ecologiche (Pungetti, 1998, 2001).

Nella già citata Strategia Paneuropea sulla Diversità Biologica e Paesistica (1996) è stata prevista la costituzione di una Rete Ecologica Paneuropea (PEEN; al punto 1 dell'Action Plan 2000-2006), coadiuvata da politiche nazionali e locali, allo scopo di conservare la diversità dell'intera gamma di paesaggi, ecosistemi, habitat e specie di importanza europea. Per raggiungere questi obiettivi è stato indicato come fosse necessario il mantenimento in buono stato di conservazione delle specie sensibili, favorendone la dispersione e la migrazione oltre che il recupero degli ecosistemi chiave e mitigando l'effetto dei disturbi di origine antropica.

Lo sviluppo delle iniziative a carattere nazionale di cui sopra costituisce generalmente una risposta alla emanazione delle direttive CEE 79/409/EC (Birds Directive), 92/43/EC (Habitat Directive) e del programma EECNET (The European Ecological Network) del 1991 (Negrini, 1997), che riguardano le esigenze di mantenimento della biodiversità attraverso la conservazione di habitat naturali in vario modo interconnessi

---

alla scala europea, i cui strumenti e siti individuati sono contenuti nel «Report concerning the Map on nature conservation sites designated in application of international instruments at Pan-European level» elaborato nel 1998 dal Committee of Experts for the European Ecological Network.

Sul piano normativo, è proprio con l'approvazione delle Direttive "Uccelli" (2.04.1979) e "Habitat" (21.05.1992), che rappresentano il risultato dell'attività di concertazione svolta in ambito europeo ai fini di stabilire criteri condivisi di conservazione del patrimonio di interesse comunitario, che si giunge alla definizione di indirizzi normativi concreti per la costituzione di una rete europea, denominata "Natura 2000", composta da siti di particolare valore biologico e paesaggistico.

Il principio di conservazione della specificità degli habitat naturali, della flora e della fauna dei diversi territori europei, introdotto da queste direttive comunitarie, trascende dimensioni territoriali e confini amministrativi locali e richiede, proprio per la sua complessità, capacità elevate di interazione e coordinamento con le politiche promosse sullo stesso tema in altri paesi e nei diversi livelli nazionali di governo del territorio. Dal canto suo, il "Progetto ECONET" rappresenta uno schema concettuale ed operativo da perseguire a tutte le scale, per conservare la diversità biologica in Europa e per accrescerne la sostenibilità degli ecosistemi naturali presenti. La proposta di rete ecologica europea comprende, oltre alle parti di territorio già interessate da politiche speciali di protezione ambientale, territori rurali e habitat seminaturali in cui possono essere mantenute pratiche di uso del suolo compatibili con le esigenze di "conservazione", richiedendo in tale logica l'integrazione delle politiche di conservazione ambientale con tutte le altre politiche di settore. Lo studio e la sperimentazione di interventi di mantenimento e di ripristino delle connessioni ambientali si articola in Europa in almeno tre forme riconoscibili.

Una di queste è legata ai criteri di collegamento tra le diverse tipologie di verde urbano in aree metropolitane (es. Barcellona, Roma, Milano, Budapest, Londra, Berlino) e rivolta alle esigenze umane di qualità della vita, nonché ad esigenze di specie animali e vegetali residenti in questi ambienti fortemente antropizzati e nel loro hinterland che sono spesso numero-se, oltretutto di notevole interesse conservazionistico (Bologna et al., 1998; Cignini e Zapparoli, 1996; Pignatti, 1998). Sono di notevole interesse alcuni progetti fondati sulla relazione del verde metropolitano e territoriale, quale quello di Barcellona, formato dalla contiguità dei grandi parchi naturali del Montseny, del Montenegro-Corredor, del Garraf, del Montserrat e De Sant Llorenç oltre che da altre aree protette minori e da ambiti interstiziali di connessione (Mallarach, 1998; Montseny y Domenech, 1999). In questo settore molto è certamente riferibile in termini metodologici ad una vasta esperienza maturata in numerose realtà urbane americane che ha dato luogo a differenti progetti ed interventi (Little, 1990; Kleyer, 1994; Gobster, 1995; Erickson, 2004). Una seconda tipologia di applicazione del tema riguarda la ricostituzione di sistemi ecologici efficaci in contesti fortemente impoveriti biologicamente da secoli di attività umana e di trasformazioni del territorio. In queste situazioni, tipiche di alcune aree dell'Europa Centrale, il progetto di restauro ambientale assume un ruolo fondamentale per la valorizzazione degli elementi naturali residuali di dimensione locale (siepi, canali, porzioni forestali). La terza modalità è quella invece delle ecoconnessioni in area vasta, in ambienti seminaturali o ancora naturali strategici per la presenza di specie d'importanza internazionale. In tale circostanza territoriale, che attiene le aree europee con elevati tassi di naturalità, tra le quali possono annoverarsi le Alpi e gli Appennini italiani, sembra d'estrema importanza il ruolo della pianificazione territoriale per allestire quadri di riferimento finalizzati al controllo delle trasformazioni e al progetto ambientale.

In generale la tendenza europea, nella prima metà degli anni 90, è comunque stata quella di costituire reti ecologiche nazionali, come nel caso dei Paesi Bassi (Jongman, 1995), integrando diverse tipologie connettive (urbane, locali, territoriali), pur conservando ad esse gli esclusivi attributi funzionali, coinvolgendo tutti gli spazi territoriali ancora suscettibili di ruoli biologici come aree protette a vario titolo, acque superficiali, siti diversi soggetti a norme di non trasformabilità, frammenti di territorio con utilizzazioni ecocompatibili (boschi, incolti, alcune forme agricole), in modo da ottenere configurazioni geografiche continue o puntualmente diffuse.

Il progetto quadriennale Life Environment chiamato ECONET (LIFE 99 ENV/UK/000177), approvato dalla Commissione Europea nel 1999, è orientato a dimostrare come si può conseguire un risultato di pianificazione sostenibile del territorio utilizzando il concetto di rete ecologica. Si tratta di un'occasione importante che riunisce intorno ad un tavolo alcuni tra gli enti e le istituzioni europei più sensibili al problema e più progrediti sia dal punto di vista concettuale che da quello pratico. Altre indicazioni diverse ed implicite provengono dall'Agenda XXI, in particolare con riferimenti ai rapporti ecologici tra gli ambienti antropizzati e quelli con un certo grado di naturalità.



---

Si ricorda che Agenda XXI, come strumento di valutazione volontaria, è un piano di azione da attuarsi al livello globale, nazionale e locale da parte delle Nazioni Unite e dei governi in ogni area nella quale siano presenti impatti umani sull'ambiente'. Tale piano è stato attivato dalla «Carta di Aalborg» (cap. 13 del documento (*Managing fragile ecosystems: sustainable mountain development*) e capitolo 15 (*Conservation of biological diversity*)), approvata dalla *Conferenza Europea sulle città sostenibili* (1994) sotto il patrocinio congiunto della Commissione Europea e della città di Aalborg e organizzata dal Consiglio internazionale per le iniziative ambientali locali (ICLEI).

Ritornando ad una dimensione mondiale, per ragioni di ordine cronologico, un messaggio significativo proviene indubbiamente dall'IUCN (Unione Internazionale per la Conservazione della Natura) che ha intitolato il V World Park Congress, che si è tenuto a Durban in Sud Africa nel settembre 2003, «Benefits Beyond Boundaries», con la chiara intenzione di discutere il ruolo delle aree protette quali oggetti «esportatori» di qualità ambientale ed economico-sociale fuori dalla loro dimensione insulare (Romano, 2003; Gambino, 2004; IUCN, 2005).

A Durban le connessioni tra ambienti marini e terrestri (Linkages in the Landscape e Seascape) hanno costituito uno degli argomenti portanti, con lo Stream I interamente dedicato, con oltre dieci sessioni tra plenarie e parallele articolate su tre giornate e un orientamento assolutamente «copernicano» rispetto alle politiche tradizionali del conservazionismo che ha portato M.A. Sanjayan, esponente di TNC-The Nature Conservancy, nella prima sessione plenaria relativa agli aspetti chiave delle connessioni ambientali a dichiarare a proposito dei corridoi ecologici che: «without them the parks are just the big zoos».

Si è trattato forse di un recepimento tardivo delle sollecitazioni scientifiche in tal senso che, come detto all'inizio del presente capitolo, in particolare negli USA, hanno prodotto importanti approfondimenti già nella metà degli anni '80, ma l'eco dell'attenzione mirata dell'IUCN espressa a Durban non mancherà di riflettersi sull'azione associativa e politica nazionale nei prossimi anni, rinforzando probabilmente gli orientamenti avanzati che, già in data odierna, stanno condizionando gli indirizzi tecnico-politici di nazioni ed enti locali.

Il *Durban Accord* è il documento sintetico dei pronunciamenti storici del Congresso, nel quale si proclamano le attribuzioni delle aree protette e le dichiarazioni di critica su alcuni sostanziali stati di fatto. Anche in questa sede, riemergono le problematiche dell'insularizzazione delle riserve naturali e dell'insufficiente integrazione nei piani e programmi di sviluppo del territorio (*We voice concern that protected areas are often islands in a sea of degradation, ignoring natural life lines drawn through river basins, migratory corridors and fertile ocean currents. We voice concern that development plans do not include attention to protected areas*).

E' in queste logiche che s'inserisce l'elaborazione di alcuni recenti documenti programmatici europei quali, lo *Schema di Sviluppo dello Spazio Europeo* (SSSE, 1999), il *Sesto programma di azione per l'ambiente*, il *Manuale per la valutazione ambientale strategica dei fondi strutturali 2000– 2006* (DGXI, 1998) e il raggiungimento di un accordo relativo alla *Strategia pan-europea sulla diversità biologica e paesistica* i quali hanno contribuito a delineare le linee generali di un approccio comune al tema della conservazione della biodiversità, costituendo, al di là dell'aspetto meramente formale, un imprescindibile punto di riferimento per elaborare e sperimentare azioni di progettazione e gestione delle reti ecologiche. In tale logica potrà anche essere orientato il processo di valutazione preventiva dei piani e programmi che, introdotto di recente con l'approvazione della Direttiva Comunitaria in materia di Valutazione ambientale strategica (2001/42/CE del 27 giugno), deve essere recepito in ambito legislativo nazionale e diffuso nelle pratiche pianificatorie del nostro Paese. La Direttiva comunitaria sulla VAS introduce l'obbligo della valutazione preventiva degli impatti di tutti i piani e programmi di settore, con l'intento di garantire che le azioni di trasformazioni territoriale che si intendono implementare siano correlate al raggiungimento di un livello accettabile di sostenibilità ambientale sin dalle prime fasi di discussione ed elaborazione dei piani. L'opportunità di condurre in parallelo all'elaborazione del piano l'individuazione, sia delle problematiche ambientali legate alle azioni di trasformazione che si intendono avviare, sia dei correlati interventi di compensazione e/o miglioramento ambientale, può giocare un importante ruolo per avviare, a partire dalle specificità di ciascun contesto, la progettazione di reti ecologiche locali, quali interventi di riqualificazione e valorizzazione della sostenibilità ambientale.

Gli obiettivi proposti nei documenti programmatici sopra citati sono finalizzati all'individuazione di direttive per lo sviluppo territoriale. In particolare, lo SSSE è il risultato del dibattito avviato nel corso degli anni '90 fra gli Stati membri e fra questi e la Commissione Europea in merito allo sviluppo territoriale sostenibile dell'Unione Europea. Il documento rappresenta un quadro condiviso di collaborazione, la cui attuazione all'interno dei diversi paesi dovrà essere avviata nel corso dei prossimi anni. Esso individua l'obiettivo di giungere ad uno "sviluppo equilibrato e sostenibile" del territorio dell'Unione Europea, promuovendo azioni di pianificazione in cui sono da introdursi principi di sostenibilità, a partire da una visione ecosistemica dell'ambiente antropizzato e delle risorse naturali. In tale prospettiva, la rete ecologica viene individuata quale strumento prioritario per rafforzare le politiche di tutela e di valorizzazione del patrimonio naturale ed ecologico europeo.

Per quanto riguarda le azioni di politica ambientale, relative alla salvaguardia delle risorse naturali vengono definiti i principali indirizzi politici che rimandano alle seguenti azioni:

1. la promozione di reti ecologiche europee come proposto in "Natura 2000";
2. l'introduzione del concetto di biodiversità nelle politiche di settore (agricoltura, trasporti, pesca, ecc.);
3. l'introduzione di strumenti fiscali che riconoscano l'importanza ecologica delle aree protette ed ecologicamente sensibili;
4. l'elaborazione di politiche di controllo dei processi di erosione del suolo non urbanizzato;
5. l'applicazione della valutazione ambientale territoriale con l'obiettivo di integrare le domande di salvaguardia ambientale ed ecologica con le istanze di sviluppo territoriale.

D'altra parte, vi è oggi l'obbligo di accompagnare con una valutazione ambientale integrata i documenti di programmazione sui quali vengono richiesti i finanziamenti dei fondi strutturali europei. In questa prospettiva di azione, va perciò significativamente ricordata l'introduzione dell'obiettivo della salvaguardia di natura e biodiversità nel manuale messo a punto dalla DGXI (*European Commission DGXI*, 1998) e nel più recente documento nazionale, elaborato di concerto tra il Ministero dell'Ambiente e le Regioni – *Linee guida per la valutazione ambientale strategica* (Ministero dell'Ambiente, 1999), predisposti per la valutazione preventiva della sostenibilità dei programmi regionali di sviluppo. La conservazione di natura e biodiversità è indicata in questi documenti come uno dei principali temi ambientali di cui si rileva fondamentale l'avvio di un'azione sistematica di monitoraggio, per rendere coerenti i piani e i programmi di sviluppo, e che si intende implementare attraverso la promozione di obiettivi di sostenibilità che individuano proprio nella realizzazione di reti e corridoi ecologici una importante strategia per la conservazione della biodiversità. In linea con gli orientamenti tracciati negli ultimi anni in ambito comunitario, nel nostro paese un importante contributo alla costruzione della Rete Ecologica Nazionale è stato dato con l'approvazione della Deliberazione CIPE (22.12.1998) relativa alla "Programmazione dei fondi strutturali 2000–2006". La delibera promuove l'attuazione della progettazione della rete ecologica nazionale, concepita come "rete di parchi nazionali e regionali ed altre aree protette" e definita quale progetto strategico di riferimento per la valorizzazione delle risorse naturali, ambientali e culturali nel Programma di Sviluppo del Mezzogiorno (PSM) e nei Programmi Operativi Regionali dell'Obiettivo 1 (POR).

Infine, va ricordato il ruolo giocato nella promozione del progetto di rete ecologica da tre importanti leggi nazionali di settore che, pur senza fare esplicito riferimento al concetto di "rete ecologica", stanno determinando in molti casi un approccio operativo ai diversi temi trattati – suolo, acque, aree protette – che considera l'attuazione di progetti di rete quali elementi qualificanti delle azioni di riqualificazione e valorizzazione ambientale che si intendono attuare. Si tratta:

- della Legge 183 del 18 maggio 1989 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo" – Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del Po, approvato con DPCM il 24 maggio 2001, definisce con chiarezza e determinazione il sistema idrografico quale "rete" finalizzata alla tutela della biodiversità complessiva degli ecosistemi fluviali. Il Piano si pone infatti come un importante "riferimento per la progettazione e la gestione delle reti ecologiche nazionali" (Art. 1, comma 13);
- della Legge 394 del 6 dicembre 1991 "Legge quadro sulle aree protette";
- del Decreto Legislativo 152 del 11 maggio 1999 – "Legge quadro sulle acque" – che definisce disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento attraverso il recepimento della direttiva 91/271/CEE, concernente il trattamento delle acque reflue urbane, e della direttiva 91/676/CEE, relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.

---

Su questo ultimo aspetto, relativo alla gestione e valorizzazione delle acque, la recente approvazione della *Direttiva comunitaria 2000/60/CE* (23.10.2000) che istituisce un quadro condiviso sulle azioni da avviare per la protezione delle acque segna l'introduzione di una importante innovazione in materia, attraverso l'individuazione di linee di azione integrate per la protezione di tutte le varietà di ecosistemi acquatici, terrestri e delle zone umide da questi dipendenti, stabilendo così una stretta interazione con le Direttive Habitat e Uccelli. La Direttiva segnando il passaggio ad un nuovo approccio in materia di protezione delle acque, principalmente orientato alla salvaguardia dell'ecosistema fluviale nel suo complesso e perciò centrato sull'attuazione di azioni di recupero e protezione negli ambiti di bacino e di distretto idrografico, potrà costituire nei prossimi anni un efficace contributo all'attuazione di azioni trasversali e intersettoriali mirate alla realizzazione della rete ecologica europea così come definita dalle due direttive di "Natura 2000".

\* Aggiornamento cap B1 del volume APAT, Gestione delle aree di collegamento ecologico funzionale. Indirizzi e modalità operative per l'adeguamento degli strumenti di pianificazione del territorio in funzione della costruzione di reti ecologiche a scala locale, Manuali e linee guida 26/2003.

<sup>1</sup> Agenda XXI, unitamente alla Rio Declaration on Environment and Development e allo Statement of Principles for the Sustainable Management of Forests, è stata adottata da più di 178 Governi in occasione della già citata Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo Sviluppo (UNCED) tenuta in Rio de Janeiro nel 1992.

## **BOX 2. RICADUTE ECOLOGICHE DELL'URBANIZZAZIONE DIFFUSA (SPRAWL)**

In diversi contesti geografici europei, lo sviluppo dell'urbanizzazione riferibile, soprattutto, agli ultimi due decenni, appare dilatato nello spazio secondo un modello diffuso (*sprawl*), discontinuo, a bassa densità ed alto consumo di suolo e di energia. Principali impatti di tale modello di sviluppo territoriale sono la destrutturazione del tessuto insediativo e la frammentazione, l'isolamento, l'erosione e il degrado degli ambiti naturali e paesistici. A causa degli effetti incontrollati, in termini di qualità ambientale, su vaste porzioni di territorio, questo modello è spesso identificato come uno dei principali fattori di insostenibilità ambientale. Questa situazione appare ancora più significativa se consideriamo che il territorio non urbanizzato è anche interessato dalle infrastrutture lineari della mobilità e tecnologiche i cui tracciati ed opere di servizio determinano un ulteriore aggravio dell'effetto di "polverizzazione" delle aree libere.

Specificatamente il processo di frammentazione degli ambiti naturali e paesistici può essere perciò scisso in due componenti principali: una riguarda la scomparsa degli ambienti naturali e la riduzione della loro superficie; l'altra, l'insularizzazione progressiva e la ridistribuzione sul territorio degli ambienti residui.

Con il procedere della frammentazione, si modifica la strutturazione dei rapporti ecologici tra le specie di una comunità; inoltre cominciano a diminuire e poi a scomparire le specie tipiche degli ambienti preesistenti, mentre aumentano le specie comuni, opportuniste, tipiche degli ambienti di margine. Si assiste, così, ad un *turnover* delle specie ed alla sostituzione di quelle originarie, spesso di interesse conservazionistico, con altre, generaliste ed antropofile. Il processo può proseguire fino alla complessiva modificazione della comunità biotica primaria dell'ambiente. E' importante legare questa dinamica di progressiva trasformazione della componente biocenotica delle specie, dovuta alla frammentazione, alla contestuale perdita di diversità vegetale del paesaggio che in genere accompagna il sorgere dei meccanismi di estinzione.

Le alterazioni delle condizioni di stato del paesaggio vanno perciò strettamente correlate alle modificazioni biologiche intervenute nella struttura e nella dinamica delle popolazioni animali e vegetali. Il rischio di estinzione di una popolazione, infatti, oltre ad essere direttamente proporzionale alle sue dimensioni, aumenta con il diminuire dell'area disponibile e con l'aumentare del suo isolamento: la frammentazione degli ambienti naturali può quindi accelerare i processi naturali di estinzione, impedendo o riducendo la dispersione e le possibilità di colonizzazione.

Per approfondimenti sulle tematiche trattate si rimanda a APAT, Gestione delle aree di collegamento ecologico funzionale. Indirizzi e modalità operative per l'adeguamento degli strumenti di pianificazione del territorio in funzione della costruzione di reti ecologiche a scala locale, Manuali e linee guida 26/2003.

---

## 1. FRAMMENTAZIONE DEGLI HABITAT E INFRASTRUTTURE

La nostra società riconosce l'insostituibile ruolo rivestito dalla biodiversità, per motivi ecologici, economici e sociali.

A partire dal Vertice per la Terra della Conferenza delle Nazioni Unite per l'Ambiente e lo Sviluppo (UNCED, Rio de Janeiro, giugno 1992), dove è stata siglata la Convenzione sulla Biodiversità, si è diffusa una cultura che tende allo sviluppo sostenibile, riconoscendo che il concetto di biodiversità deve permeare tutte le politiche di settore.

In Europa lo strumento di riferimento è la Strategia Pan-Europea sulla diversità biologica e del paesaggio (PEBLanDS), approvata nel 1995 dalla Conferenza Paneuropea dei Ministri dell'Ambiente a Sofia, allo scopo di coordinare l'applicazione della Convenzione sulla Biodiversità in tutto il territorio europeo riconoscendo l'importanza del paesaggio, inclusi gli aspetti di protezione, gestione e miglioramento. L'obiettivo è anche quello di porre la valutazione della biodiversità e delle funzioni ecologiche al centro delle strategie di conservazione e gestione per le future scelte di pianificazione<sup>3</sup> considerando che alla diversità di specie di un ecosistema, corrisponde la complessità delle loro interazioni, cioè il numero delle vie lungo le quali l'energia può attraversare una comunità. L'alterazione della biodiversità causa inevitabilmente dei cambiamenti nella stabilità degli ecosistemi, ne riduce la funzionalità (distrofia = perdita di funzioni) fino alla loro possibile distruzione, preceduta dalla progressiva scomparsa delle specie, soprattutto di quelle "chiave".

Dunque diversità significa qualità ambientale e funzionalità ecologica, con beneficio di tutti gli organismi, uomo compreso, che traggono vantaggio da tali funzioni.

Quando una funzione ecosistemica diventa di utilità, cioè diventa elemento da cui trarre benessere, viene chiamata servizio. Per *servizi ecosistemici* (SE) si devono intendere quindi, sia i beni prodotti dagli ecosistemi (come cibo, acqua, materie prime, materiali da costruzione, risorse genetiche) sia le funzioni ed i processi da essi svolti (assorbimento degli inquinanti, protezione dall'erosione e dalle inondazioni, regolazione dello scorrimento superficiale delle acque e della siccità, mantenimento della qualità delle acque, controllo delle malattie, formazione dei suoli ecc.) i quali possono essere valutati attraverso un nuovo rapporto di tipo economico.

Attraverso il cosiddetto *valore economico totale* (TEV), è possibile ordinare un'ampia serie di analisi parziali e di connessi metodi di valutazione in cui la visione ecologica ed economica ricomprende il comparto ambientale, produttore di beni e servizi, di cui si deve riconoscere il valore come Capitale Naturale e in cui vengono inclusi anche i valori "incommensurabili" della bellezza di un paesaggio o del suo senso d'identità per la comunità locale che normalmente finiscono per essere ignorati. Infatti, uno dei temi principali della Strategia è l'integrazione della diversità biologica negli altri settori socio-economici, incluse le politiche dei trasporti.

Nella succitata PEBLanDS il secondo tema d'azione, riguarda specificatamente l'integrazione della diversità biologica e paesaggistica negli altri settori incluso quello dei trasporti. In particolare, le aree definite "protette" per i valori paesaggistici e la diversità biologica, essendo particolarmente vulnerabili, dovrebbero tendenzialmente essere sottratte alla politica dei trasporti, considerando inoltre che, seppur tali aree riguardino una parte limitata dell'intero territorio, gli effetti provocati dall'inserimento di un'infrastruttura in un'area protetta possono, di fatto, interessare l'intero contesto paesaggistico in cui sono inserite. Nel livello decisionale, è quindi basilare che lo sviluppo delle politiche dei trasporti e delle infrastrutture sia integrato con la diversità biologica e paesaggistica, allo scopo di ottenere una rete trasporti della mobilità più sostenibile.

### *Frammentazione ecosistemica*

Come si è detto (vedi BOX 2), la frammentazione di un ambiente, quale può essere un bosco o una palude, si determina quando viene suddiviso in due o più porzioni, che risulteranno più piccole come superficie e maggiormente isolate tra loro<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> Cfr TEEB, *The Economics of Ecosystems and Biodiversity*, [www.teebweb.org](http://www.teebweb.org); COPI, *Cost of Policy Inaction*, [http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/economics/teeb\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/economics/teeb_en.htm); IPBES, Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, <http://ipbes.net>

<sup>4</sup> "Un approccio analitico allo studio del processo di frammentazione deve prevedere un'attenta disamina delle singole componenti del processo. Generalmente molti autori (cfr. le revisioni in Fahrig, 1997) sono concordi nel definirne quattro: 1) distruzione di habitat; 2) riduzione in superficie dei frammenti residui; 3) incremento del loro grado di isolamento; 4) riduzione in qualità degli stessi. Più recentemente però la stessa Fahrig (2003) sottolinea la necessità di considerare in modo separato il processo di frammentazione da quello di distruzione. Quest'ultimo è un processo a sé e ha importanti effetti sulla diversità biologica indipendentemente da quelli derivanti dalla frammentazione degli habitat. Nello specifico, Fahrig (2003) ha sottolineato come il processo di frammentazione debba indicare specificatamente gli effetti derivanti dal cambiamento di configurazione, di rapporto e di qualità dei frammenti, indipendentemente dalla

Di fatto la frammentazione ambientale è oggi riconosciuta come una tra le principali minacce globali alla conservazione della diversità biologica. Questo effetto, ecologicamente molto pericoloso, riduce la vitalità delle popolazioni animali, in quanto il territorio a disposizione diminuisce e diventa più difficile la dispersione degli individui sul territorio stesso e le possibilità di incontro e di scambio genetico. In particolare le specie poco mobili e meno adattabili non sono in grado di sostenere un elevato grado di frammentazione ambientale, e possono estinguersi localmente.

### **BOX 3. Indice di Frammentazione da Infrastrutture di mobilità (IFI)**

Per raggiungere livelli ottimali di pianificazione e gestione del territorio è fondamentale selezionare ed utilizzare, fin da subito, degli indicatori appropriati che garantiscano l'allestimento di una base cognitiva per gli strumenti di governo del territorio.

La frammentazione ambientale e l'insularizzazione degli ecosistemi costituiscono un momento centrale per il conseguimento degli standards di sostenibilità nelle procedure di governo del territorio, è allora indispensabile che, così come accade per forme di impatto più consolidate nella cultura amministrativa e sociale (inquinamenti, degrado fisico e paesaggistico del suolo, ecc...) gli effetti della disgregazione ecosistemica assumano un carattere "misurabile", entrando nel novero degli indicatori di qualità urbana e territoriale che gli indirizzi europei alle comunità nazionali attualmente considerano irrinunciabili e decisivi per denunciare l'efficienza della gestione e le correzioni apportate dal management ambientale.

L'insediamento, inteso nelle sue diverse forme e manifestazioni (edificato, infrastrutture, spazi produttivi e agricoli), è il responsabile primo della frammentazione ambientale e le sue caratteristiche possono essere esplorate e restituite mediante indici specifici. Alcuni parametri fanno parte della tradizione descrittiva urbanistica, mentre altri sono di recente elaborazione e maggiormente collegati all'aspetto dell'interferenza tra sistemi insediativi e gli effetti provocati sull'integrità degli ecosistemi.

Qui di seguito si analizza l'*indice di frammentazione da infrastrutture* (IFI) (Romano B., 2000; Romano B., 2002; Battisti C., Romano B., 2007; Romano B., Paolinelli G., 2007) di fondamentale importanza per l'argomento trattato nelle presenti linee guida. Tale indice definisce l'estensione del sistema della mobilità multimodale, comprensivo di ogni tipologia stradale e ferroviaria, in relazione alle dimensioni dell'area di riferimento. Tale estensione è proporzionale all'azione di frammentazione ambientale derivante dalla cesura fisica degli ecosistemi e dai fattori di disturbo associati (rumori, inquinamento, vibrazioni).

$$DI = \frac{\sum l_i}{Au} \quad (\text{m/km}^2)$$

$l_i$  = lunghezza dei singoli tratti di viabilità

$Au$  = superficie dell'unità territoriale di riferimento

#### *Frammentazione da infrastrutture*

L'IFI è stato formulato considerando la possibilità di disporre di dati sui flussi di traffico degli assi viari e sulle interruzioni della continuità longitudinale degli stessi causata da tunnel e viadotti (Romano B., 2002).

I tratti di viabilità, che già compaiono nella formulazione dell'indice DI, sono pesati mediante un coefficiente che tiene conto dell'effetto di occlusione (interruzione fisica o disturbi) che le particolari tipologie di viabilità realizzano verso flussi potenziali di specifiche componenti della fauna terrestre. La frammentazione causata dalle infrastrutture viarie può essere valutata attraverso indici separati per tipologie d'infrastrutture (autostrade, ferrovie, strade di grande comunicazione, strade di comunicazione locale ed indice complessivo normalizzato) in ordine ai caratteri diversi di occlusività ambientale che ogni categoria realizza nei confronti della fauna terrestre, senza ulteriori indicazioni a livello di singole specie.

scomparsa di habitat. La frammentazione è comunque un processo a scala di paesaggio, cioè di sistema complesso. Il suo studio dovrà pertanto prevedere oltre a un'analisi degli effetti rilevabili a scala del singolo frammento/patch, anche una sintesi degli effetti, a volte moltiplicativi, alla scala dell'intero sistema paesistico. Tali effetti sono determinati dalle relazioni tra componenti ambientali (individui, specie, comunità) e le variabili spaziali alle diverse scale di frammento e di paesaggio". Battisti C., 2008. "Effetti generali della distruzione e frammentazione di habitat a scala di paesaggio: contributo per una revisione" in Materiali di approfondimento – Documento ISPRA 2008

$$IFI = \frac{\sum (l_i \cdot o_i)}{A_u} \quad (\text{m/km}^2)$$

dove

$l_i$  = lunghezza dell'infrastruttura (escluse le discontinuità come viadotti, ponti e tunnel)

$o_i$  = coefficienti di occlusione ecosistemica delle tipologie viarie

$A_u$  = superficie dell'unità territoriale di riferimento

Il coefficiente  $o_i$  permette di ottenere la pesatura delle lunghezze dei segmenti infrastrutturali tarata sul loro carattere di occlusività e, nel caso specifico, si è fatto ricorso ad una attribuzione fondata su una stima comparativa di tale carattere per le diverse tipologie infrastrutturali:

$o_1=1$

Livello 1 – Autostrade, tangenziali e ferrovie (occlusioni generalmente totali derivanti dalla presenza delle recinzioni laterali).

$o_2=0.7$

Livello 2 – Strade statali e regionali, generalmente con elevato volume di traffico (occlusione pronunciata derivante dal disturbo acustico e di movimento permanente).

$o_3=0.5$

Livello 3 – Strade provinciali, generalmente con medio volume di traffico (occlusione di media portata dovuta alle condizioni di disturbo).

$o_4=0.3$

Livello 4 – Strade comunali, generalmente con volumi di traffico variabili nell'arco giornaliero da molto alti a molto bassi, ma con un rapporto con la morfologia locale favorevole in termini di occlusione.

La densità infrastrutturale DI, precedentemente illustrata, è in relazione con l'IFI in funzione della occlusività media del reticolo stradale, assumendo valori tanto superiore all'IFI quanto più bassa è questa occlusività, mentre l'IFI può essere al massimo uguale a DI.

Diversi possono essere gli effetti provocati dalla frammentazione sugli ambienti naturali; di seguito ne vengono citate alcune tipologie.

#### *Effetto "margine"*

Con il termine "effetto margine" (edge effect) si intendono una serie di effetti fisicochimici e bio-ecologici che intervengono nelle aree marginali e di contatto fra tipologie ambientali differenti. Tali effetti sono il risultato delle interazioni fra ecosistemi adiacenti separati da un brusco passaggio (abrupt transition; Murcia cit. in Scozzianti, 2001) e sono di tipo deterministico (Davies et al., 2001). Le aree di margine possono mostrare condizioni ecologiche particolari. Esse, inoltre, aumentano considerevolmente in superficie conseguentemente alla frammentazione. L'effetto margine induce, nei frammenti, una trasformazione della struttura vegetazionale, del microclima, della copertura del suolo che provoca effetti diretti o indiretti sulla distribuzione ed abbondanza delle specie animali e vegetali (Laurance e Yensen, 1991; Schonewald-Cox e Buechner, 1992). L'entità di tale effetto dipende da una serie di fattori quali la tipologia ecosistemica del frammento, quella della matrice paesistica nella quale esso è inserito, il tipo e grado di frammentazione ed il tempo intercorso dall'inizio della frammentazione (Davies et al., 2001). Nelle aree di margine possono intervenire cambiamenti microclimatici (luce, temperatura, vento), biologici ed ecologici (cambiamenti nel tasso di germinabilità e di sopravvivenza dei semi, introduzione di specie alloctone/alieni, fenomeni di predazione e competizione da parte di specie marginali provenienti dalla matrice su specie sensibili presenti nei frammenti, ecc.) che amplificano così le conseguenze della frammentazione<sup>5</sup>.

#### *Effetto "corridoio"*

L'infrastruttura può avviare la strutturazione di nuovi ambienti, che in certi contesti altamente antropizzati (es. monoculture agricole) può incrementare il numero di specie animali e vegetali presenti, favorendo l'insediamento di quelle più generaliste e sinatropiche (ovvero legate alle attività umane). Le fasce di ambiente che si realizzano lungo le strade possono causare un effetto corridoio, che facilita la propagazione delle specie, comprese però quelle esotiche e invasive.

<sup>5</sup> Definizione di *effetto margine* tratta da Battisti C., 2008.

---

### *Effetto “barriera”*

La possibilità di movimento e di relazione tra meta-popolazioni (ovvero di gruppi di popolazioni biologiche distribuite su un ambito geografico) di animali selvatici terrestri, soprattutto delle specie più piccole e lente (micromammiferi, anfibi, invertebrati), viene ridotta dalla presenza delle infrastrutture lineari. Per alcune specie (es. invertebrati) anche una strada larga soltanto 6 metri costituisce una barriera invalicabile. In presenza di un flusso veicolare elevato (oltre 10.000 veicoli/giorno) e/o di recinzioni e barriere tipo “new jersey” l’ostacolo diventa totale, con separazione netta di popolazioni che vivono in territori adiacenti.

L’effetto barriera provocato dalle infrastrutture lineari non si limita a strade ed autostrade. Le linee elettriche costituiscono, per molte specie di uccelli di grosse dimensioni, una causa di morte per collisione e folgorazione. Una ricerca effettuata in Italia da Rubolini et al. (2001) ha quantificato l’entità del problema ed elencato le specie interessate (oltre 90 fra cui alcune molto rare e minacciate). Bright et al. (2003) sottolineano come dieci delle 25 specie mondiali di otarde sono minacciate a causa della collisione con i tralicci delle linee elettriche, oltre che dalla trasformazione di habitat e dalla persecuzione diretta. E’ anche da tempo noto il ruolo selettivo delle linee elettriche nelle aree forestali appenniniche sulle popolazioni di Gufo reale (*Bubo bubo*; Penteriani, 1996). Penteriani ha indicato come l’elettrocuzione risulti tra le principali cause di mortalità imputabili indirettamente all’uomo (in certi contesti essa rappresenta il 75 % delle cause di mortalità) provocando, in alcuni casi, l’abbandono dei siti. Trattandosi di un grande predatore, presente già naturalmente con basse densità, ciò provoca effetti a livello di popolazione su scala regionale. Sempre riguardo a questo rapace notturno, Marchesi et al. (2001) hanno, inoltre, riportato come il 39 % dei giovani involati in un’area di studio del Trentino erano deceduti per elettrocuzione. Infine anche le canalizzazioni artificiali (es., canali di bonifica, di drenaggio e di irrigazione in aree pianiziarie) possono costituire una barriera per specie poco vagili. Scozzianti (2001) sottolinea come queste strutture artificiali, se con argini cementati, possono portare ad una frammentazione del territorio con effetti sulla fauna selvatica. Riguardo agli anfibi, questo autore sottolinea come tali canali possono agire come trappole ecologiche. Infatti gli individui che vi cadono dentro (o vi vengono attirati dalla presenza di acqua), a causa delle pareti levigate, possono non avere possibilità di fuga e perire per disidratazione, annegamento, mancanza di nutrimento. Infine, anche le strutture artificiali di ridotte dimensioni (reti, manufatti, piccoli canali e scoline, ecc.) possono avere un impatto sulla fauna selvatica di piccole dimensioni (insetti, anfibi, micromammiferi)(Scozzianti, 2001).<sup>6</sup>

## **1.1 Le altre negatività ambientali delle infrastrutture sul territorio**

La costruzione e l’esercizio di infrastrutture provoca una serie di pesanti impatti sugli ecosistemi e sulla biodiversità. Nel caso di strade di grande comunicazione e di autostrade tali impatti si amplificano, a causa della notevole quantità di territorio interessato e dell’elevato flusso di veicoli.

Gli effetti ecologici non sono limitati all’area realmente occupata dall’infrastruttura e dalle relative pertinenze. Sono stati effettuati alcuni tentativi per stimare l’area complessivamente soggetta agli effetti ecologici indotti dalla presenza dell’infrastruttura viaria (“road-effect zone”): ad esempio è stato calcolato che negli Stati Uniti per un’autostrada a quattro corsie gli effetti si estendono mediamente oltre 100 metri da entrambi i lati, considerando le modifiche idrogeologiche, l’afflusso di sali antineve nelle acque di superficie, l’invasione da parte di vegetazione aliena piantata nelle banchine entro le foreste adiacenti, l’alterazione dell’uso dell’habitat da parte di mammiferi, uccelli e anfibi. A seconda del tipo di impatto e delle caratteristiche degli ambienti circostanti alla infrastruttura, gli effetti si possono manifestare fino a qualche centinaio di metri o addirittura fino a 1500 metri.

Un gran numero di aree protette (parchi nazionali, parchi regionali, ecc.) e di siti di importanza comunitaria e facenti parte della rete ecologica europea hanno strade importanti a meno di 5 km di distanza.

---

<sup>6</sup> Capoverso tratto da Battisti C., 2008.

---

### *Urbanizzazione del territorio*

Come detto una delle principali cause di frammentazione degli habitat è l'urbanizzazione del territorio<sup>7</sup>. Man mano che la matrice del paesaggio passa da una copertura di vegetazione naturale a usi urbani, gli habitat diventano relitti disconnessi e isolati dagli altri. Lungo le strade e soprattutto nei pressi degli svincoli tendono, infatti, a svilupparsi nuove strutture urbane quali centri commerciali e di servizi, zone industriali, piazzali di sosta delle merci e dei container, insediamenti sportivi e ricreativi, nonché nuovi quartieri residenziali.

La presenza delle strade incentiva inoltre la penetrazione capillare e di massa delle persone sul territorio, facilitando attività sia lecite che abusive (raccolta di prodotti del bosco, attività venatoria, rilascio rifiuti, fuoristrada, vandalismo, incendi, ecc.), che determinano frequentemente impatti sull'ambiente, peraltro difficilmente controllabili.

Le stesse attività di cantiere ed estrazione delle materie impiegate per la costruzione dell'opera, spesso proseguono la loro attività a servizio di altri interventi: in particolare le cave tendono a consolidarsi quali siti di estrazione anche dopo la conclusione dell'opera.

### *Effetti sull'idrogeologia*

La realizzazione di una infrastruttura altera la morfologia del territorio, a causa di sbancamenti, movimenti di terra, gallerie, apertura di cave da cui procurare materiali da costruzione e di discariche in cui depositare materiali di risulta, ecc. Queste attività producono profonde modifiche e interferenze sulla qualità e quantità delle acque superficiali e sotterranee, oltre ad erosione, compattamento e impermeabilizzazione del suolo, modifiche del trasporto solido e dei regimi idrologici, dilavamento dei sali minerali, aumento del rischio di frane e smottamenti, con il diretto degrado e distruzione degli habitat umidi.

### *Effetti su suolo e sottosuolo*

Le fonti di inquinamento possono essere permanenti o temporanee, certe o probabili (es. sversamento accidentale di sostanze).

Nel caso di infrastrutture viarie i veicoli rilasciano normalmente gas e polveri prodotte dalla combustione del carburante - da ricordare che le emissioni di CO<sub>2</sub> (principale gas serra climalterante prodotto dai trasporti) sono aumentate del 4,2% tra il 1995 ed il 1997, in contrasto con l'esigenza di riduzione prevista dal Protocollo di Kyoto - oltre ciò spesso si verificano perdite accidentali o deliberate di materiali liquidi e solidi (incidenti, dispersione di rifiuti). I sali antineve si depositano sulla vegetazione circostante o vengono assorbiti dalle radici. Il dilavamento dell'asfalto e il convogliamento delle sostanze nei corsi d'acqua e nelle falde sono in grado di trasferire il danno anche a grandi distanze e per molto tempo. L'accumulo di piombo e cadmio nel suolo e nelle piante è nettamente maggiore nelle strade con elevato volume di traffico. Una serie di studi ha mostrato che presso le strade piante e invertebrati assumono caratteristiche morfologiche e funzionali alterate.

Problemi d'inquinamento significativi avvengono anche nella fase di cantierizzazione, per via dei mezzi e dei prodotti utilizzati nonché della movimentazione, stoccaggio e smaltimento di materiali.

### *Impatto acustico e visivo*

L'inquinamento acustico, le luci, le vibrazioni, gli stimoli visivi dei mezzi in movimento non sono ben tollerati da alcune specie di animali.

Nelle fasce lungo le strade la densità di alcune specie di uccelli si riduce, in particolare perché il rumore del traffico altera la possibilità di comunicare attraverso le emissioni canore. Questi effetti si verificano a partire da 40-50 dbA. In Olanda, è stato rilevato come il rumore provocato dal traffico veicolare lungo le strade sembra responsabile della riduzione di densità in alcune specie di uccelli sensibili nei frammenti di habitat. Gli effetti di tale disturbo sono stati rilevati fino a una distanza di 250 metri dalle strade e fino a ca. 3,5 km dalle autostrade. E' stato osservato che se le infrastrutture

---

<sup>7</sup> Occupazione del suolo per tipologie standard di strade e ferrovie

	Tipologia	sezione tot.	superficie occup
Ferrovie	classica	25	2,5
	alta velocità	35	3,5
Strade	2x1 corsie	60	6,0
	2x2	90	9,0
	2x3	100	
	10,0		



---

intersecano particolari ambienti sensibili gli effetti si possono osservare anche a distanze elevate. Anche l'illuminazione artificiale altera il comportamento di diverse specie (insetti, pipistrelli, uccelli, ecc.). L'ampiezza della zona coinvolta è funzione del volume di traffico e delle caratteristiche del territorio: terrapieni e fasce alberate possono attutire questa eterogenea tipologia di disturbi. In media, la fascia interessata dall'impatto della strada si estende per circa 200 metri su ogni lato. Questo corrisponde a oltre 10 volte la superficie realmente occupata dalla infrastruttura.

#### *Alterazione del microclima*

Le infrastrutture lineari e il loro esercizio determinano condizioni locali fortemente differenziate rispetto all'ambiente circostante. Ad esempio, nel caso delle infrastrutture viarie, l'asfalto che si riscalda rapidamente realizza un microclima nettamente diverso dalle zone adiacenti: una strada manifesta temperature, evaporazione e insolazione elevata. Anche la velocità del vento aumenta grazie all'effetto corridoio. All'imbocco delle gallerie si verificano variazioni microclimatiche provocate dall'effetto camino, con l'aggiunta dell'inquinamento atmosferico.

#### *Mortalità stradale per investimento*

I veicoli travolgono e uccidono ogni anno un gran numero di animali di ogni specie, dalle più comuni alle più rare. Gli studi sulla mortalità stradale di fauna selvatica ("road mortality") condotti in tutti i continenti hanno prodotto risultati allarmanti, mostrando perdite elevate per molte specie. In Europa vengono stimati dai 10 ai 100 milioni tra uccelli e mammiferi travolti ogni anno sulle strade. Secondo una nuova procedura di calcolo elaborata in Svezia, per ogni 10.000 km percorsi da un veicolo si produrrebbe l'abbattimento di un uccello. Per un anfibio la probabilità di restare ucciso su una strada con un flusso di 500 veicoli/ora è del 18% e per un micromammifero del 10%. La mortalità stradale incide sull'1-4% delle popolazioni di specie comuni, ma può arrivare al 40% nelle specie più sensibili. Ad esempio, alcuni ricercatori hanno evidenziato come lungo il litorale laziale le autostrade e strade statali a medio-alto volume di traffico possono determinare elevate mortalità da impatto di Barbagianni, Civetta e Allocco. In ciascuna provincia italiana si stimano oltre 15.000 animali travolti ogni anno, e la tendenza generale va verso l'aumento, alla luce dell'espansione della rete stradale e dell'incremento dei volumi di traffico.

Nonostante i molti studi condotti (anche in Italia), occorre considerare che una valutazione complessiva precisa è difficile: molti incidenti non vengono registrati e una parte degli animali feriti finisce negli ambienti circostanti oppure vengono predati. In ogni caso, questo fattore potrebbe essere il più importante tra le cause di mortalità per la fauna provocate dalle attività antropiche.

Come accennato precedentemente altri incidenti, spesso mortali per gli uccelli, sono provocati da urti accidentali contro cavi tesi, fili elettrici, superfici trasparenti, quali i pannelli fonoassorbenti in vetro o plexiglass. Inoltre le specie terrestri di piccole dimensioni (micromammiferi, anfibi, invertebrati) restano intrappolate e soccombono entro pozzetti, canalizzazioni, tubature, canali con sponde ripide. Le specie numericamente più colpite dalla mortalità stradale sono: il riccio, il rospo e i rapaci notturni (barbagianni e civetta).

#### *Impatti sulle attività umane*

Gli incidenti con animali selvatici rappresentano anche un importante aspetto di sicurezza stradale: un'indagine svizzera mostra che questa categoria rappresenta il 2% di tutti gli incidenti stradali. Tra essi, nel 2-5% dei casi si verifica il ferimento di uno o più occupanti del veicolo, e nello 0,03-0,5% addirittura la morte di un passeggero. Danni gravi ai veicoli riguardano fino al 45% dei casi. In Europa si verificano ogni anno 507.000 incidenti soltanto considerando gli unguati, che provocano 300 morti, 30.000 feriti e 1 miliardo di euro di materiale danneggiato.

Esiste una serie di valutazioni al riguardo effettuate in diversi Paesi europei, tra cui un costo sociale annuo di 42.375 milioni di euro per la Svizzera, di 200 milioni di euro in Germania e un totale di 862.179 euro all'anno di materiale danneggiato per la Spagna.

La casistica italiana può essere rilevata dai dati ISTAT: nel periodo 1995-2000 sono stati denunciati 2083 incidenti stradali con animali, di cui 76 hanno provocato vittime. Per ciascun incidente con un animale di taglia medio-grande si stima un costo medio al veicolo di 370-2.200 euro.

Le conseguenze spiacevoli di queste collisioni non riguardano pertanto solo la tutela della biodiversità, ma anche gli interessi della società umana. I danni sono consistenti quando la specie coinvolta ha una dimensione medio-grande (pari almeno alla taglia di un grosso cane) e quando la velocità del veicolo è elevata, ma si sono perfino registrati incidenti a causa di una manovra errata nel tentativo di schivare un animale, oppure motociclisti che sono scivolati sul manto stradale reso viscido dagli anfibi schiacciati sull'asfalto.

---

## 1.2 Rete ecologica: una possibile risposta alla gestione della frammentazione ambientale derivata dall'inserimento delle infrastrutture lineari

La rete infrastrutturale italiana, specie quella viaria è molto vasta, variegata e coinvolge gran parte del territorio; è evidente quindi come essa rappresenti un fattore di incidenza e di interazione nei confronti dei sistemi ambientali coinvolti e delle reti ecologiche, all'interno delle quali è necessario mantenere spazio per l'evoluzione del sistema ecologico in cui la biodiversità deve autonomamente progredire senza impedimenti ed il peso delle azioni antropogeniche deve essere commisurato con alti livelli di autopoiesi del sistema, funzionale a mantenere la maggior efficienza dei servizi eco sistemici.

Nel considerare tale rete infrastrutturale si assume di considerare il sedime del tracciato dell'opera, gli elementi che ne fanno strettamente parte, ma anche le fasce di pertinenza, perché interessate dalla gestione nonché gli elementi architettonici e di arredo e di rispetto. Ad esempio, nel caso delle strade, gli effetti ambientali sono perlopiù di impatto e disturbo, ma talvolta si possono verificare anche vantaggi, e ciò dipende molto dal tipo di infrastruttura; infatti, per tutti i fattori considerati, sia qualitativamente che quantitativamente, ci sono differenze sostanziali fra la viabilità principale e quella secondaria, o tra quella percorrenza carrabile a transito corrente da quella pedonale, normalmente in terra, o a transito occasionale, le quali non comportano quasi mai effetti ambientali negativi di rilievo.

Le infrastrutture lineari generano notevoli impatti nei confronti della rete ecologica, specie per l'effetto di frammentazione; solo in alcuni casi e per alcune componenti, essi possono indurre specifici benefici. Ad esempio nel caso della viabilità secondaria, specie quella interessata da traffico non motorizzato, possono determinarsi opportunità interessanti (ci riferiamo al territorio italiano). Va sottolineato che, gli effetti dovuti a una determinata situazione, indotta dalla presenza della infrastruttura, possono essere positivi o negativi contestualmente, in maniera più o meno spostata in un senso o nell'altro a seconda della tipologia di opera, delle condizioni di utilizzo, del contesto territoriale, del periodo di tempo. In ogni caso soprattutto il sistema viario influenza fortemente la efficacia della rete ecologica, e quindi è molto importante concepirne opportunamente le sue caratteristiche e la sua gestione in modo da minimizzarne, per quanto possibile, gli impatti. Sarà allora importante conoscere adeguatamente la struttura e le dinamiche in essere, cercare di prevederne gli sviluppi futuri e, successivamente ad eventuali interventi di nuove realizzazioni o modifiche, attuare piani di monitoraggio sulla cui base adottare azioni di gestione o interventi finalizzati alla mitigazione ambientale.

Di seguito vengono descritti in sintesi i principali effetti dei corridoi lineari nei confronti dello stato di conservazione e di qualità e del funzionamento della rete ecologica.

### *Effetti negativi delle infrastrutture sulla Rete ecologica*

In molte situazioni la rete ecologica e la rete infrastrutturale si incrociano e in genere la seconda ha il sopravvento sulla prima, interrompendone la continuità. In tal modo il territorio e gli ecosistemi risultano progressivamente frammentati e isolati.

Alcuni dei principali effetti negativi prodotti dalle infrastrutture sulla rete ecologica sono:

1. l'infrastruttura lineare scompone o frammenta la rete ecologica, creando:
  - discontinuità e aree intercluse alla permeabilità ambientale (isolamento);
  - diminuzione delle funzioni ecologiche delle patches frammentate (=distrofia eco sistemica);
  - diminuzione dell'area minima vitale delle specie e potenziale scomparsa di quelle maggiormente sensibili;
2. l'infrastruttura occupa una porzione di territorio sottraendolo ad altri usi;
3. si può incrementare il dissesto idrogeologico, specie quando si "spezza" un versante o un reticolo idraulico (e questo vale anche per la viabilità minore);
4. l'eventuale vegetazione laterale delle strade non ha sempre effetti positivi, soprattutto se è costituita da specie infestanti non autoctone e può funzionare da corridoio ecologico negativo facilitando il trasferimento di specie vegetali o animali alloctone; questo fenomeno si verifica perlopiù lungo le fasce e le aree collaterali (p.e. i bordi stradali), ove è più agevole lo sviluppo di specie marginali e generaliste;
5. l'immissione lungo i bordi e le scarpate (p.e. quelle ferroviarie) di composti chimici a fini diserbanti determina non solo un certo inquinamento idrico, ma contribuisce alla selezione di specie vegetali e animali resistenti, che spesso si identificano con quelle esotiche indesiderate, riducendo anche sensibilmente la biodiversità;

- 
6. nel caso di ammodernamenti di strade extraurbane o di realizzazione di nuovi tracciati, la normativa in materia non consente la presenza di vegetazione arborea entro una fascia di alcuni metri di distanza dal ciglio stradale: ciò comporta un grave impatto globale, tenendo conto della notevole loro estensione chilometrica a livello nazionale e del fatto che, spesso, rappresentano gli unici corridoi vegetali in una determinata area;
  7. un ulteriore effetto negativo nei confronti dell'ambiente, con intensità locali più evidenti, è rappresentato dalle aree di servizio autostradali, da parcheggi, svincoli e simili, sia perché vi si possono concentrare alcuni tipi di impatti e di rischi sia perché possono determinare aree intercluse alla permeabilità ecologica o che inducono una significativa frammentazione ambientale; anche l'inquinamento luminoso rappresenta un disturbo alla fauna con fenomeni di deviazione dai corridoi ecologici;
  8. non va tralasciato, fra i potenziali effetti negativi, il transito anche solo pedonale in aree a elevato pregio naturalistico (disturbo alla fauna, rischio di accadimento di eventi dannosi, ecc.);
  9. in generale poi le infrastrutture di trasporto principali rappresentano elementi rigidi non solo nello spazio ma anche nel tempo riducendo, così, i gradi di libertà della dinamica ambientale: l'adattamento e la ricerca all'ottimizzazione della rete ecologica del territorio interessato divengono quindi più vincolate.

#### *Possibile contributo delle infrastrutture alla conservazione della Rete ecologica*

Le indicazioni contenute nel presente rapporto hanno lo scopo di evitare la deframmentazione ecosistemica, rendendo le infrastrutture lineari compartecipi della rete ecologica e maggiormente permeabili alla biodiversità, in modo da garantire gli attraversamenti in sicurezza da parte della fauna selvatica. A tal fine appare indispensabile che tutti gli enti preposti alla progettazione, approvazione, realizzazione e gestione di infrastrutture lineari perseguano l'obiettivo di deframmentazione del territorio, anche attraverso l'implementazione della rete ecologica e con opere di mitigazione degli impatti<sup>8</sup>.

Alcuni indirizzi per rendere l'infrastruttura funzionale alla rete ecologica sono:

1. fatti salvi gli effetti rilevati precedentemente, si può costituire un corridoio ecologico quando è presente vegetazione ai fianchi del tracciato stradale, inserita storicamente (p.e. i filari di cipresso toscani o le alberature di platano padane) o cresciuta lungo le scarpate o le fasce attigue; tali corridoi, pur essendo in molti casi di modesto valore ecologico assoluto, spesso rappresentano l'unica discontinuità all'artificializzato e l'unico supporto naturale nelle aree fortemente antropizzate o soggette ad agricoltura intensiva;
2. nel caso di sentieri o carrerecce interne ad aree eco-monotone (p.e. pinete di rimboschimento), queste viabilità costituiscono una fascia "di respiro" (ambienti aperti o semiaperti e/o di margine), lungo la quale tendono a riconquistare spazio specie vegetali differenti grazie alla luce e, di conseguenza, si verifica un marcato incremento dell'eterogeneità ambientale (per contro c'è il rischio, precedentemente citato, di sviluppo di specie indesiderate); lo spazio libero del tracciato può rappresentare una via preferenziale facilitata per lo spostamento della fauna e per la caccia da parte di predatori (questo però, nel contempo, può incrementare il rischio di incidentalità nel caso di traffico significativo);
3. i canali di drenaggio, spesso attigui ai tracciati stradali, possono essere anch'essi elementi ecologici positivi, anche tali da realizzare biotopi di un certo valore (p.e. nel caso di ristagno); una opportunità interessante è rappresentata dalle vasche di raccolta delle acque di prima pioggia che, se concepite tenendo conto dell'inserimento ambientale, possono effettivamente assumere un ruolo biotopico (ecosistemi filtro);
4. le aree di sedime, in alcuni casi, possono aiutare alla maggiore permeabilità del sistema infrastrutturale, specie se concepite tenendo conto dell'inserimento paesaggistico-ambientale (vi sono esempi nel Nord Europa, in Svizzera e Francia in particolare);
5. i bordi e le scarpate stradali, se di tipologia adatta e inserite in certi contesti naturali, possono instaurare ecotoni con specificità o dar luogo a nuovi habitat, di specie sia animali (p.e. rettili nei rilevati) che vegetali (p.e. molte specie erbacee e floristiche ruderali); ciò avviene (in alternativa o in combinazione) per l'introduzione di condizioni del suolo diverse da quelle presenti nel territorio, per

---

<sup>8</sup> Cfr. Sirolli R., Catalani W., "Opere ferroviarie ed Ingegneria Naturalistica: il caso studio della linea veloce Roma-Napoli" in Materiali di approfondimento – Documento ISPRA 2008

---

specifiche situazioni microclimatiche, per la riduzione artificiosa della concorrenza biologica; nel caso tali fasce siano soggette a interventi di ingegneria naturalistica (se ben progettata dal punto di vista della scelta della vegetazione), si possono accelerare i processi di vegetalizzazione naturale;

6. le fasce di terreno attigue ad alcune tipologie di strade o alle ferrovie ricadono nelle proprietà demaniali o comunque pubbliche, oltre a sussistere fasce di rispetto; ciò facilita l'instaurarsi di corridoi laterali liberi da strutture o da usi impropri oppure rende più agevole l'attuazione (a livello politico-amministrativo) di destinazioni d'uso a fini ambientali;

7. una ricucitura alla frammentazione determinata dalle infrastrutture stradali viene realizzata grazie ai "passaggi per fauna", che, se ben concepiti, possono permettere il mantenimento dei corridoi ecologici, pur rappresentando punti di vincolo dell'asse degli stessi e quindi un fattore di rigidità della dinamica della rete.

Alcuni dei suddetti effetti possono interagire contestualmente.

Per azioni di mantenimento o di riqualificazione della rete ecologica, particolare importanza rivestono le "vie verdi" (*greenways*), ovvero la viabilità minore e la rete sentieristica e ciclabile, poiché, essendo destinata a priori a usi "soft", la presenza di vegetazione e di un certo stato di naturalità (sono di solito compatibili forme e tracciati "rustici") è tollerabile o, addirittura, ricercata. Occorre quindi spingere affinché i soggetti pianificatori e gestori di tali tracciati tendano a incentivare un loro assetto il più possibile naturaliforme e di elevata qualità paesaggistica. Aree sosta e incroci principali potrebbero essere concepiti in modo da costituire anche un luogo attraente per la fauna che tende a muoversi lungo tali percorsi, se non farli coincidere con i nodi della rete ecologica vera e propria (p.e. abbeveratoi, stagni, boschetti, arbusteti, ecc.), ove tale rete non presenta alternative. Specie nei territori fortemente antropizzati o denaturalizzati, certi tipi di rete viaria possono pertanto rappresentare una opportunità per il recupero almeno parziale della rete ecologica. Infine, pensando alle azioni concrete per ridurre gli impatti ambientali delle strutture lineari nei confronti della rete ecologica, va ricordato come i progetti attualmente in previsione o in itinere, se da un lato comportano un incremento della infrastrutturazione del territorio (con evidenti notevoli impatti), dall'altro prevedono anche interventi di ristrutturazione e adeguamento delle opere alle nuove norme in materia di costruzioni, di sicurezza e di ambiente. Se le procedure di progettazione, realizzazione e verifica vengono gestite adeguatamente, vi possono quindi essere importanti spazi per ridurre l'impatto attuale e per introdurre misure specifiche per l'incremento della permeabilità ambientale e per la rimozione di situazioni critiche (p.e. alternative radicali di tracciato nel caso di compromissioni di nodi ecologici o di corridoi cardine). Una casistica significativa può essere rappresentata dai recenti progetti, studi e procedure di valutazione di impatto ambientale applicate agli adeguamenti e ai nuovi tratti autostradali<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Cfr. Bergamo M., Degni R., "Metodologia di studio adottata nel S.I.A. per le componenti naturalistiche" in Materiali di approfondimento – Documento ISPRA 2008

---

## 2. GLI INDIRIZZI DELLE SCELTE

### 2.1 Quadro dei riferimenti europei e nazionali

Dopo gli anni Settanta, epoca in cui veniva individuato e perseguito il problema della connettività ecologica, anche il continente europeo, prima attraverso l'attività del Consiglio d'Europa (Convenzione di Berna) e poi dell'Unione Europea dei primi anni Novanta (Direttiva Habitat) si dotava di un equipaggiamento giuridico e tecnico-normativo riguardo il supporto alle politiche in favore della riduzione di questo particolare impatto ambientale (frammentazione degli habitat).

#### **BOX 4. DIRETTIVE E LINEE GUIDA A LIVELLO EUROPEO**

Nel 2003 il Consiglio d'Europa ha realizzato un "Codice pratico per l'introduzione delle considerazioni riguardanti la diversità biologica e paesaggistica nel settore dei trasporti" (Bickmore, 2003).

Tale Codice riguarda il sistema dei trasporti lineari, incluse strade, ferrovie e corsi d'acqua navigabili interni ed ha lo scopo di aiutare i politici, gli amministratori, gli operatori e gli ambientalisti nella comprensione dei principali argomenti e nel raggiungimento di soluzioni connesse con la pianificazione, progettazione e utilizzo della rete dei trasporti, rispetto alla biodiversità ed al paesaggio.

Per valutare le relazioni tra ambiente e trasporti, il Comitato di attività del Consiglio d'Europa nel campo della diversità biologica e paesaggistica istituì nel 1998 il Gruppo di Lavoro "Ambiente e trasporti", le cui attività hanno permesso di redigere il "Code of practice for the introduction of biological and landscape diversity considerations into the transport sector", pubblicato al n. 131 della serie "Nature and environment" del Consiglio d'Europa.

Parallelamente, si è sviluppato un Progetto nell'ambito della cooperazione europea nel campo della ricerca scientifica e tecnica, denominato "COST Action 341 - Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure", a cui hanno aderito 14 Paesi. Lo scopo del progetto è stato la definizione della panoramica a livello europeo delle problematiche nel campo della frammentazione ambientale causata dalle infrastrutture di trasporto, promuovendo il dialogo tra ingegneri civili e biologi, tra ecologi del paesaggio e studiosi di singole specie, e tra aspetti teorici e applicativi. Il Progetto COST 341, presentato a Bruxelles nel novembre 2003, ha prodotto una serie di documenti.

"The European Review": fornisce la panoramica del problema della frammentazione degli ambienti naturali causata da strade, ferrovie e canali in Europa, esaminando anche le soluzioni correntemente applicate e i report nazionali sullo stato dell'arte.

"Wildlife and Traffic: a European Handbook for identifying conflicts and designing solutions": è un manuale tecnico che ha utilizzato le conoscenze accumulate dagli esperti dei vari Paesi per offrire una guida pratica a quanti sono coinvolti nella progettazione, costruzione e gestione delle infrastrutture di trasporto.

Dalla metà degli anni '90 ha preso addirittura forma una disciplina specifica, la "road ecology" (Forman et alii, 2002), al fine di comprendere come le diverse forme di vita cambiano quando vi è una strada nei paraggi e, al tempo stesso, come esse possano condizionare l'infrastruttura. Secondo Forman (2002) una strada è una via aperta per il passaggio dei veicoli e l'ecologia è lo studio delle relazioni tra gli organismi e il loro ambiente. La loro combinazione descrive l'essenza della road ecology, quindi le interazioni tra l'ambiente naturale e la rete stradale.

La letteratura scientifica sulla road ecology è molto ricca ed inizia fin dagli anni '70 forse con il primo lavoro dell'olandese van Gelder, intensificandosi con alcune esperienze statunitensi e poi francesi e tedesche.

#### **BOX 5. LA SITUAZIONE IN ITALIA**

Attualmente è ancora assente una politica dettagliata e coordinata a livello nazionale sul tema dell'inserimento ecologico delle infrastrutture negli ecosistemi, malgrado il Nuovo Piano Generale dei Trasporti abbia fissato alcuni obiettivi ambientali di riferimento, quali i rapporti tra la rete infrastrutturale e la rete ecologica nazionale, quest'ultima rivolta alla conservazione della diversità biologica e costituita dai parchi e dalle altre aree protette, insieme ai corridoi ecologici di connessione. L'Italia si trova quindi ad affrontare con notevole ritardo questo argomento delicato, nonostante i primi tentativi di parlare del rapporto tra strade e ambiente risalgano agli anni '70 e

negli anni '80 siano stati realizzati i primi attraversamenti faunistici (autostrade del Friuli-Venezia Giulia). Gli ultimi anni hanno però visto un positivo fermento di iniziative, anche a livello locale, promosse da enti pubblici, enti gestori, associazioni, istituti di ricerca.

Una delle prime iniziative pubbliche italiane attinenti le reti ecologiche è quella dell'ANPA (poi APAT e oggi ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) che porta a compimento il progetto di Monitoraggio delle Reti Ecologiche, coinvolgendo Regioni, Province ed Università italiane e produce le Linee Guida sulla gestione delle reti ecologiche nella pianificazione locale (APAT, 2003). Nello stesso periodo, il 1998, il Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica ha finanziato un programma biennale di interesse nazionale (PRIN) denominato Planeco (Planning in Ecological Network), con lo scopo di implementare metodologie di pianificazione territoriale fondate sulle strutture di continuità ambientale (Filpa e Romano, 2003).

Nel 2002 il Ministero dell'Ambiente, Servizio Conservazione della Natura, formula lo schema direttore della REN (Rete Ecologica Nazionale) e promuove il progetto APE (Appennino Parco d'Europa) che prevede:

“... azioni coordinate degli enti parco, con le regioni, gli enti locali, le organizzazioni sindacali, imprenditoriali e cooperative, le associazioni ambientaliste e la comunità scientifica. Gli strumenti operativi individuati da tale progetto sono una convenzione ed un programma d'azione per uno sviluppo sostenibile dell'Appennino...”.

Le reti ecologiche entrano sempre più spesso tra i contenuti dei piani dei parchi nazionali e regionali, dei programmi di governo del territorio, dei piani provinciali e comunali. L'azione coordinata di naturalisti ed ecologi inquadrati nelle pubbliche amministrazioni sortisce effetti di grande positività nei termini della ricerca applicata e si moltiplicano i momenti di dialogo e di collaborazione molto remunerativi sul versante dell'ampliamento della sensibilità gestionale.

Esempi emblematici sono indubbiamente quelli della Regione Lombardia, Emilia Romagna, del Veneto (Romano e Paolinelli, 2007), Marche, Lazio e Toscana così come devono essere registrati avvenimenti di segno contrario, come ad esempio la programmazione nazionale e regionale e l'attuazione di corposi interventi infrastrutturali ad enorme impatto di frammentazione degli habitat (Ferroni et al., 2006).

Ampi riferimenti alla frammentazione degli ecosistemi e alle conseguenze sulla fragilità dei medesimi compaiono nel Piano Territoriale Paesistico esteso all'intero territorio della Regione Valle d'Aosta, adottato dalla Giunta Regionale nel novembre del 1996, e nel quale l'assetto naturalistico è descritto, in particolare, attraverso unità strutturali omogenee, unità ecosistemiche funzionali e macro-ecomosaici (Castelnovi, 1997).

Molto articolata nel tempo è l'esperienza dell' Umbria prima regione italiana con una «rete ecologica multifunzionale» complessiva e istituzionalizzata. Il progetto RERU (Rete Ecologica della Regione dell'Umbria) ha coinvolto tre unità di ricerca (Università di Perugia, Università di Camerino e Università dell'Aquila), oltre un centro di ricerca olandese (Alterra) e all'Università di Cambridge (UK), per produrre un quadro conoscitivo che potesse supportare l'obiettivo di allestimento della Rete Ecologica Regionale.

La Rete Ecologica delle Marche parte da un disegno elaborato dal WWF (World Wildlife Fund) nel 2004, basato prevalentemente sulla geografia regionale della biopermeabilità e sul sistema di fratture e di barriere costituito dall'organismo insediativo e infrastrutturale, e giunge a individuare le aree critiche per la biodiversità e gli indirizzi politici e di investimento mirati (Belfiori et al., 2004).

La Regione Emilia Romagna ha sviluppato un programma originato nell'ambito del progetto Life Environment ECONET 2001-2004, centrato prevalentemente sui territori delle province di Modena e di Bologna (Cavalchi e Pungetti, 2000; Mori, 2001; van der Sluis et al., 2001; Ottolini e Rossi, 2002; Alessandrini et al., 2003), prefiggendosi di stabilire linee di metodo, di operatività e di partecipazione sociale nel restauro ecologico-ambientale.

Si devono poi registrare le iniziative volte a disegnare la «Rete Ecologica» in una dimensione amministrativa esaustiva, prodotta da un intervento di progettazione settoriale. In tal senso sono intervenute sia la Regione Calabria che la Regione Puglia proponendo bandi di gara per studi di fattibilità per la Rete Ecologica Regionale e i sistemi di interconnessione delle aree protette.

La Regione Lombardia con DGR n. 8/8515 del 26.11.2008 integrata con DGR n. 8/10962 del 30.12.2009 ha approvato il disegno di rete ecologica regionale (RER) riconoscendola come infrastruttura prioritaria del Piano territoriale Regionale e come strumento di indirizzo per la pianificazione regionale e locale (Malcevski, 2010).

Consistenti patrimoni di metodologia e di riferimenti operativi si possono trovare anche nelle esperienze di alcuni parchi nei loro strumenti di pianificazione (Filpa, 2000), ma forse i contributi realizzativi più significativi provengono dalle amministrazioni provinciali, con azioni anche

---

parzialmente indipendenti dalla attività delle regioni. Sono enumerabili, al momento attuale, oltre venti province italiane i cui strumenti di coordinamento prevedono reti ecologiche territoriali, come Vercelli, Milano, Como, Bergamo, Brescia, Cremona, Venezia, Modena, Bologna, Ancona, Viterbo, Roma, Latina, Chieti, Benevento, Enna, Firenze, Terni, Treviso, Ravenna.

In particolare il caso di Milano può ritenersi un'esperienza ad uno stadio molto avanzato di analisi e di elaborazione, avendo introdotto la struttura ecosistemica quale strato di riferimento per il Piano Territoriale Provinciale (Malcevski, 1999).

Altre esperienze, come quella del Comune di Roma risalente già a circa dieci anni fa (Di Giovine, 1999), o alcuni altri strumenti urbanistici generali in Italia danno conto di una sensibilità in via di decollo anche da parte dei singoli comuni.

In generale gli interventi attuati o previsti alla scala comunale possono collocarsi in posizione intermedia tra la fase di pianificazione e quella del progetto, tendendo al recupero di una separatezza già avvertita, nei suoi esiti negativi, nelle operazioni di gestione urbana.

Del resto è evidente che nel nostro Paese, stante la stretta commistione dei sistemi antropici e naturali, le implicazioni di un eventuale *network* ecologico nazionale interagiscono con tutti i livelli della programmazione delle trasformazioni e dell'uso dei suoli, nonché delle politiche infrastrutturali ad ogni livello.

Alla luce dei fatti illustrati appare chiaro che gli spazi di ricerca, di pianificazione e di applicazione gestionale delle reti ecologiche e della sostenibilità infrastrutturale sono ancora ampi: metodologie di analisi ambientale «relazionale» e dinamica ancora vanno messe a punto, così come vanno colmati vuoti normativi di notevole portata, richiedendo pertanto una compartecipazione specialistica estremamente assortita che dovrà confluire necessariamente sui prodotti di pianificazione, rendendo questi sempre più attenti alle reciproche interazioni ed interferenze tra i sistemi antropici e naturali.

In merito allo specifico aspetto delle implicazioni infrastrutturali, pur non aderendo ufficialmente al Progetto COST 341, l'Italia ha fornito una serie di informazioni sulla situazione nazionale grazie al Progetto "Sicurezza strade/fauna", svolto dalla LIPU (Lega Italiana Protezione Uccelli) e finanziato negli anni 2001-2002 dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Direzione Generale delle Strade e Autostrade. Questo progetto ha finora realizzato le seguenti azioni:

- rapporto tecnico sulla sicurezza "biodiversità/trasporti" e lo stato dell'arte in Italia rispetto al problema "fauna/strade" (introduzione, normativa, contesto europeo e internazionale, stato dell'arte in Italia, casi-studio italiani, gli attori, principali azioni di mitigazione, conclusioni, bibliografia, appendice con le schede dei 141 casi-studio italiani);
- catalogazione della bibliografia tecnico-scientifica, italiana e internazionale (547 pubblicazioni: 89 italiane; 294 europee, 140 americane, 22 altri Paesi);
- campagna educativa di sensibilizzazione (stampa di un depliant, coinvolgimento media).

## 2.2 Problematiche ecologiche legate alle infrastrutture

Come già precedentemente accennato, in Italia, a differenza di altri Paesi europei, documenti di indirizzo, linee guida, buone pratiche non hanno raggiunto un carattere di obbligatorietà ma hanno solo un valore indicativo. E', dunque, come sostegno alla progettazione di infrastrutture lineari che si inseriscono le presenti linee guida all'interno del panorama delle pubblicazioni tecnico-scientifiche che, pur non avendo un valore cogente, vogliono essere da supporto per fornire gli strumenti di valutazione ecologico-ambientali al fine di prevenire e mitigare gli impatti dell'opera stessa sul territorio in cui insiste.

La presenza nel territorio di una infrastruttura lineare, anche se ben progettata, si configura comunque come un elemento che interrompe la continuità ambientale producendo un effetto barriera nei confronti delle specie animali e vegetali. Come si è già detto, tale effetto si traduce nella frammentazione degli habitat delle specie più mobili(?? DI TUTTE LE SPECIE), con conseguente redistribuzione delle stesse nel territorio, e nel condizionamento delle principali fasi riproduttive (in modo più significativo per gli anfibi) oltre che nella generazione di un effetto di disturbo, con *avoidance* e *displacement* di alcune popolazioni animali e nella mortalità diretta della fauna.

I principali obiettivi da perseguire nella progettazione degli interventi di mitigazione degli impatti sulla biodiversità sono:

- la riduzione della frammentazione e dell'isolamento delle popolazioni di animali, attraverso il ripristino della continuità ambientale interrotta con la costruzione dell'infrastruttura;
- la riduzione della possibilità di incidente tra veicoli ed animali, impedendo l'accesso della fauna alla sede stradale.

---

Verificata in prima battuta la compatibilità ecologica della localizzazione progettuale, bisogna quindi mitigare gli impatti (*mitigation*) che non possono essere evitati. La mitigazione, in altre parole, è un'azione finalizzata a ridurre al minimo gli effetti ambientali negativi provocati dall'infrastruttura.

Il passo successivo è la compensazione degli impatti residui (*compensation*) che non è stato possibile evitare o mitigare: con la compensazione ambientale si cerca di non perdere la funzionalità complessiva dell'ambiente (*no net loss*), e può essere ad esempio indirizzata alla realizzazione di nuovi ambienti naturali aventi caratteristiche equipollenti a quelle alterate (distrutte o danneggiate) a causa della realizzazione della nuova infrastruttura. Ripristini e miglioramenti ecosistemici, rinaturazioni e rinaturalizzazioni sono tipici interventi di compensazione ambientale.

Una progettazione corretta deve prendere in considerazione una serie di misure integrate e coordinate, da inserire in maniera pianificata già a partire dalle prime fasi progettuali, attraverso il coinvolgimento delle professionalità di volta in volta necessarie. In questo modo si produce una maggiore efficacia e si abbattano i costi. L'approccio progettuale è molto diverso a seconda che si tratti di infrastrutture nuove o già esistenti.

Nello specifico esempio delle infrastrutture viarie, occorre distinguere fra le grandi realizzazioni *ex novo* (nuove arterie stradali, nuovi cavalcavia, nuovi svincoli a quadrifoglio) ed i piccoli interventi di miglioramento della viabilità esistente (realizzazione di rotatorie, raddrizzamento di curve, allargamento della sede stradale).

Nel primo caso, l'inserimento nel paesaggio di nuove strade deve essere valutato in fase di scelta di tracciato, o di progettazione preliminare lungo tutto il suo corso. La progettazione tenderà a realizzare le opere che provocano gli impatti minori, evitando di modificare o distruggere le aree con peculiarità ecologiche e paesaggistiche. È necessario, successivamente, prevedere un piano di intervento riguardante le infrastrutture viarie già esistenti ed in esercizio, al fine di un loro miglioramento, per assicurare una loro maggiore permeabilità.

In sostanza, per le infrastrutture viarie in progetto è corretto effettuare un inserimento preventivo, con misure di mitigazione e compensazione ambientale. Per le infrastrutture viarie in esercizio si farà ricorso ad interventi di miglioramento ambientale, al fine di assicurare una maggiore permeabilità e ridurre la frammentazione del territorio.

E' necessario considerare attentamente se l'intervento riguarda strade o autostrade: a parte le differenze evidenti, quali le dimensioni ed il livello di utilizzo, esistono notevoli variazioni ad esempio rispetto agli interscambi ed alle strutture associate: le autostrade hanno raggi e pendenze minime, sono recintate e l'accesso è ristretto solo ad alcuni veicoli motorizzati, gli svincoli sono in genere illuminati. Le zone all'interno degli svincoli (aree intercluse) da una parte possono essere sfruttate naturalisticamente ed ecologicamente, ad esempio piantandovi alberi e favorendo le fioriture spontanee, ma esse possono anche rappresentare delle trappole ecologiche per gli animali. Le stazioni di servizio costituiscono parte integrante delle autostrade: per limitare il consumo di territorio è utile abbinare le stazioni di servizio ai depositi e magazzini per la manutenzione.

Al contrario, le strade statali e quelle secondarie possono avere pendenze variabili, un maggior numero di incroci ed in genere non sono recintate. Le strutture di servizio spesso formano parte integrante delle aree urbane che vengono attraversate.

Un altro elemento di fondamentale importanza per assicurare una corretta riuscita degli interventi è stabilire gruppi misti e interdisciplinari, dove devono sempre figurare le due professionalità chiave, vale a dire il progettista da una parte (ingegnere, architetto) e l'esperto in materia ecologica e faunistica dall'altro.

Anche la tempistica con cui si eseguono i lavori assume un ruolo importante per determinare un maggiore o minore impatto. In particolare è necessario evitare di compiere le operazioni che riguardano le principali trasformazioni degli habitat e della vegetazione nei periodi più delicati della vita degli animali, quali la nidificazione degli uccelli che avviene nei mesi primaverili.

Deve infine essere considerato il livello cui si opera di volta in volta, vale a dire una scala regionale, di paesaggio oppure puntuale.

### 2.2.1 ASPETTI DI PIANIFICAZIONE E DI PROGETTAZIONE

Nell'ultimo decennio si sono sviluppate molte tecniche di mitigazione della frammentazione ambientale provocata dalle infrastrutture lineari che, nella maggior parte dei casi, sono state realizzate su infrastrutture già esistenti, con un notevole conseguente dispendio economico. Esempi importanti in tal senso sono i cosiddetti *ecoducts* collocati in diversi Paesi in Europa e Canada. Essi sono veri e propri ponti che attraversano perpendicolarmente gli assi stradali, dotati di un equipaggiamento vegetazionale sull'estradosso tale da creare fasce ecosistemiche multiple e parallele per il movimento di diverse specie animali da un lato all'altro della strada.



---

Questi interventi, come altri di portata minore quali sottopassi stradali o attraversamenti di tipo diverso, hanno anche elevata efficacia funzionale, ma presentano costi molto elevati e spesso non sostenibili sia per ragioni di indisponibilità finanziaria reale, sia, soprattutto in alcune aree geografiche, per motivi di non disponibilità sociale e politica a sostenere spese molto alte per obiettivi esclusivamente naturalistici.

Ben diversamente si presenta la questione, quando gli interventi di riduzione della frammentazione sugli ecosistemi causata da una strada (SI PUO' GENERALIZZARE AD ALTRE INFRASTRUTTURE?) vengono previsti nel progetto ed inseriti nell'opera nel corso della realizzazione. In questo caso c'è un enorme abbattimento dei costi, soprattutto per alcuni tipi di interventi: ad esempio l'inserimento di un tubo in calcestruzzo del diametro di 40 cm (con funzione di mini tunnel per la fauna di piccola taglia) in un rilevato stradale può presentare difficoltà tecniche e costi molto elevati se deve essere collocato *post operam*, ma tali difficoltà e costi sono praticamente nulli se l'intervento viene effettuato durante la fase di costruzione del rilevato stesso. Così come un forte risparmio economico è conseguibile anche nel caso di realizzazione di recinzioni laterali o di muri di sostegno, introducendo durante la costruzione tutti gli accorgimenti necessari a ridurre il rischio che questi elementi si rivelino barriere insormontabili (occlusioni ecosistemiche) nei confronti della fauna.

Strumenti tecnici di recente elaborazione, come il PDO - Profilo di Occlusione Ecosistemica delle infrastrutture (Romano et alii, 2009), sono utilizzabili anche su strade già esistenti, ma sono diretti espressamente ai progetti stradali come elaborato di corredo essenziale a supporto delle Valutazioni di Impatto Ambientale e delle Valutazioni di Incidenza Ambientale. Il PDO consente infatti di simulare il livello di frammentazione ecosistemica dovuto al progetto e di introdurre in esso tutte le variazioni tecniche ritenute di volta in volta necessarie per limitare al massimo l'effetto-barriera che la strada produce sul quadro ambientale di incidenza.

Come già anticipato, l'argomento degli effetti di cesura che le infrastrutture lineari causano verso gli assetti ecosistemici è inserito nel filone scientifico dell'ecologia stradale (Forman, 2002) che analizza l'interazione tra organismi, ambiente, strade e veicoli: la *road ecology* esplora e indirizza le relazioni tra l'ambiente naturale e il sistema infrastrutturale cercando soluzioni applicabili appunto in fase di progettazione di strade, autostrade e ferrovie o finalizzate alla mitigazione degli effetti di opere già realizzate. I principali effetti negativi sugli ecosistemi indotti dalla presenza di strade possono essere sintetizzati in: inquinamento chimico, inquinamento acustico, invasione di specie alloctone, presenza di micro discariche, perdita di habitat e riduzione della loro qualità, mortalità faunistica, frammentazione ambientale e perdita di connettività.

Mentre le prime quattro ripercussioni negative si hanno indipendentemente dalla collocazione geografica dell'infrastruttura, l'incidenza di fenomeni come la mortalità faunistica, la perdita e la frammentazione di habitat aumenta notevolmente laddove sono rilevabili delle sovrapposizioni o dei punti di tangenza tra la rete infrastrutturale e le linee di connettività ecologica mono o multispecifica. In tutti quei siti in cui i tracciati viari attraversano o costeggiano zone potenzialmente identificabili secondo una diffusa nomenclatura sulle reti ecologiche come *core areas*, *buffer zone*, *wildlife corridor*, *stepping stones* o semplici *restoration areas*, è infatti particolarmente accentuato il disturbo arrecato ai popolamenti faunistici i cui spostamenti lungo le direttrici naturali sono intralciati dalla presenza di ostacoli lineari di origine antropica. Per questo, una volta individuate le zone che presumibilmente manifestano una maggiore criticità, è opportuno approfondire le indagini attraverso metodi standardizzati e riproducibili che consentono di comparare i risultati ottenuti in contesti diversi ed elaborare strategie d'intervento comuni.

Se la frammentazione causata dalle infrastrutture lineari è gestibile essenzialmente a livello progettuale, alcuni effetti correlati hanno necessità di essere affrontati alla scala del piano. E' il caso degli addensamenti urbani con geometria lineare che vengono in genere indotti dalla collocazione di nuove direttrici viarie e la cui azione di frammentazione ambientale è ben più corposa e irreversibile di quanto non sia quella causata dalla viabilità o da altre opere a rete.

In questo caso il ruolo della pianificazione, sia strutturale che operativa, è irrinunciabile, principalmente con l'uso di tecniche di perequazione e compensazione ambientale che consentano di ottenere, in primo luogo, esiti di contenimento spaziale delle parti insediate e di salvaguardia dei varchi residuali tra ecosistemi di valore effettivo e potenziale. Si tratta di obiettivi che il piano deve "imparare" a gestire in forza di esigenze in parte estranee e non consolidate nella cultura tradizionale di gestione delle trasformazioni territoriali, ma non più derogabili in un contesto che richiede la tutela della biodiversità in forma complessa e problematica.

---

## 2.2.2 APPROCCI TECNICI E CATEGORIE DI FRAMMENTAZIONE CAUSATE DALLE INFRASTRUTTURE

Le sedi viarie possono presentarsi molto diversamente in ordine alla loro relazione con la geografia e la morfologia che il territorio e l'ecosistema esprimono localmente. Si può infatti avere una sede stradale completamente isolata dal contesto circostante a causa di opere di recinzione o di protezione geologica, materializzando una linea invalicabile per la maggior parte dei Tetrapodi e dei Macroinvertebrati terrestri. In tali circostanza, che riguardano generalmente le autostrade, alcune ferrovie e molte strade su morfologie potenzialmente instabili, si rileva un elevato effetto di frammentazione nei confronti degli habitat adiacenti la cui entità è dipendente dalla altezza della recinzione, ma anche da alcuni particolari tecnici, come la larghezza e la forma delle maglie. In questi casi, se da una parte è vero che l'effetto di frammentazione degli habitat è molto grave, dall'altro la sede stradale, praticamente inaccessibile, comporta che vengono ridotti al minimo gli abbattimenti accidentali della fauna dovuti all'impatto con i veicoli. Nei casi in cui la sede stradale non sia recintata si possono verificare circostanze tecnicamente diverse:

- a) *carreggiata posta allo stesso livello del suolo adiacente (a raso);*
- b) *carreggiata posta interamente ad un livello superiore a quello del suolo adiacente*
  - b<sub>1</sub>) *in rilevato;*
  - b<sub>2</sub>) *in viadotto o ponte;*
- c) *carreggiata posta interamente ad un livello inferiore a quello del suolo adiacente*
  - c<sub>1</sub>) *in trincea;*
  - c<sub>2</sub>) *in galleria;*
- d) *carreggiata con un lato in rilevato e un lato in trincea (a mezza costa);*
- e) *carreggiata con un lato in rilevato e uno a raso (a gradino).*

I casi particolari *b*<sub>2</sub> e *c*<sub>2</sub> non sono sostanzialmente causa di frammentazione anche se, per il caso *b*<sub>2</sub>, l'altezza dell'opera da terra può creare un filtro al transito di alcune specie. Negli altri casi elencati la connessione ecologica tra gli habitat attraversati dalla infrastruttura viene certamente perturbata, ma non viene teoricamente interrotta. Ciò è specialmente vero nel caso *a*, mentre nei restanti casi può verificarsi un'alterazione o riduzione di connessione legata all'accentuazione più o meno pronunciata delle sezioni trasversali. L'occlusione provocata dalla infrastruttura si accentua in particolare quando la sezione stradale *c* diventa "a canyon", collocandosi sul fondo di scavi profondi, o quando le tipologie *c* e *d* insistono su morfologie naturali molto acclivi, e le scarpate e i terrapieni diventano alti e ripidi o vengono sostituiti da muri di sostegno, ricadendo così in una condizione di occlusione dei flussi biotici analoga a quella delle recinzioni già descritta in precedenza.

Se le sezioni *a*, *b*, *c* e *d* presentano però un profilo "morbido" il loro attraversamento è di fatto possibile da parte di tutte le specie terrestri e il problema vero si sposta pertanto sul disturbo costituito dal traffico veicolare.

Nel caso in cui i flussi siano molto elevati, sia gli ingombri continui della carreggiata, sia gli effetti collaterali di rumore, inquinamento e illuminazione realizzeranno situazioni di occlusione elevatissima con dissuasione pressoché totale degli attraversamenti faunistici.

In corrispondenza di una sezione stradale di rilevamento, avendo un flusso di traffico pari a *n* veicoli/h, il tempo durante il quale la sezione stessa resta libera da transiti è pari a:  $\Delta t = 1/n$

Le probabilità di riuscita di un attraversamento stradale da parte della fauna terrestre dipendono pertanto, a parità di  $\Delta t$ , prevalentemente dalla velocità media di spostamento esprimibile dagli individui delle varie specie e dalla larghezza della strada, nonché dalle dimensioni in lunghezza e larghezza dei mezzi transitanti e dalla loro velocità media. Da queste riflessioni emerge una teorica possibilità di elaborare un coefficiente di occlusione biologica della viabilità veicolare anche molto dettagliato, a scale che consentono l'ingresso di numerose variabili: flusso di traffico, velocità media dei veicoli, larghezza delle carreggiate, percentuale della carreggiata occupata dalle superfici di contatto stradale del veicolo (dipendenti dalle tipologie degli automezzi), dimensioni e velocità dell'animale in attraversamento, accessibilità laterale della carreggiata, relazione con il mosaico di paesaggio. Nella realtà i dati indispensabili sono ben poco presenti nei Sistemi Informativi Territoriali e di difficoltosa elaborazione quand'anche se ne vogliano produrre ad hoc per i singoli progetti, considerando che stessi tratti di viabilità presentano flussi di traffico molto differenziati in ragione delle stagioni o delle fasce orarie diurne e notturne.

Quando l'interferenza all'attraversamento dovuta al traffico è comunque considerevole si dovrà ricorrere ad interventi di riduzione della frammentazione stradale su opere già esistenti il che, per le sezioni *a*, *c* e *d* è decisamente difficoltoso, in termini sia tecnici che economici (sovrappassi, sottopassi, ecc..), tanto da risultare generalmente sconsigliabile se non nei ridottissimi casi in cui si manifesta una esigenza irrinunciabile per specie di grande valore conservazionistico. Nel caso *b*<sub>1</sub> sono

---

più praticabili progetti di “foratura” dei rilevati con inserimento di elementi passanti tubolari utilizzabili però solamente da specie come meso o micromammiferi, anfibi e rettili.

In alcuni casi è tuttavia possibile sfruttare sottopassi già esistenti, potenziandone l'utilizzo da parte della fauna locale migliorando il substrato e attuando interventi di rinaturazione del passaggio. Su questi argomenti è molto ricca la manualistica di eco-ingegneria.

Se gli elevati flussi di traffico creano, come detto, situazioni di barriera quasi invalicabile, i flussi di traffico molto bassi, soprattutto quando riguardano sezioni stradali ad occlusione minima come quelle del tipo *a*, non sono certamente da ritenersi innocui. Scarsi flussi di traffico comportano un basso livello di disturbo collaterale e creano una condizione di apparente tranquillità nell'area adiacente alle carreggiate, non dissuadendo la fauna dagli attraversamenti e dalle frequentazioni, aumentando pertanto le possibilità di abbattimenti accidentali rispetto a strade ben più trafficate (Scoccianti, 2006).

Le sintetiche riflessioni appena esposte riflettono un quadro di elevata complessità, davanti al quale l'intervento operativo va attentamente calibrato volta per volta assumendo la consapevolezza che è sempre estremamente impegnativa l'azione *ex-post*, mentre, in molti casi, le opere di deframmentazione studiate in sede progettuale della infrastruttura ed inserite durante la fase di cantiere possono risultare quasi a costo zero. Ciò va a rinforzare la necessità di assicurare ai progetti stradali e ferroviari una adeguata base di conoscenze sugli assetti ecosistemici delle zone attraversate, con riferimento agli habitat intercettati ed alle caratteristiche comportamentali e di mobilità delle specie residenti.

Le grandi barriere infrastrutturali complesse possono individuarsi negli assi infrastrutturali multipli, nei quali si rileva la compresenza di autostrada, linea ferroviaria e viabilità ordinaria. Di fatto la carreggiata autostradale costituisce già da sola, così come accade spesso anche per la sede dei binari ferroviari, una barriera che comporta occlusione fisica totale nella continuità ambientale del territorio. Ciò si verifica a causa della presenza delle recinzioni laterali continue che impediscono l'ingresso casuale o intenzionale di persone e animali. Pertanto, in queste circostanze, la ecoconnessione trasversale, per animali almeno di una certa dimensione, è presente unicamente quando l'autostrada o la ferrovia transitano in galleria oppure in viadotto e, appunto per questo motivo, il rilevamento di queste opere costituisce un capitolo essenziale della analisi della continuità territoriale fin dalle prime fasi di ricerca configurativa dei corridoi ecologici potenziali. Nel caso di tunnel molto lunghi l'infrastruttura interessata non provoca alcun tipo di disturbo, neanche acustico, se non nei settori estremi di entrata e uscita dalla galleria. Nel caso invece di viadotti e ponti, in particolare in presenza di autostrade dove il traffico si articola sulle 24 ore, pur essendo consentito il transito biologico trasversale, resta, rispetto al movimento della fauna, il fattore del disturbo sonoro e delle vibrazioni. L'entità e gli effetti di questi disturbi possono essere valutati esclusivamente caso per caso, in funzione dello sviluppo lineare dell'opera, della sua altezza da terra e delle caratteristiche generali della infrastruttura relativa. Alcune esperienze condotte nei Paesi Bassi hanno indicato come alcuni ungulati, mediamente, non si avvicinano in nessun caso a più di 500-600 metri dalle autostrade. Al di là della presenza o meno di discontinuità longitudinali della barriera infrastrutturale si deve però considerare che, nella maggior parte delle situazioni italiane, alla molteplicità delle attrezzature viarie parallele si associa la presenza, a diversi gradi di densità, di insediamenti agricoli o, più spesso, produttivi, i quali comportano ulteriori barriere e forme di disturbo concentrato, anche nelle ore notturne (recinzioni delle proprietà, illuminazione, rumori, traffico localizzato). A settori territoriali così connotati si può metodologicamente attribuire, in una prima fase di ricognizione, un livello di occlusività biologica elevatissimo.

L'analisi approfondita di tali contesti può invece portare al riconoscimento di alcune porzioni di suolo, generalmente sempre di dimensioni contenute, nelle quali verificare una idoneità alla continuità ambientale, almeno nei termini di una relativamente agevole ripristinabilità delle condizioni necessarie.

Appare assai difficoltosa l'apertura di varchi biologici artificiali in linee di continuità infrastrutturale consolidata. Questa difficoltà è legata in primo luogo alla complessità progettuale ed esecutiva delle opere di superamento e, almeno attualmente, alla intuitivamente scarsa condivisione politica e sociale che programmi di tali opere incontrerebbero, in relazione soprattutto ai loro costi elevati rispetto ai ritorni socialmente comprensibili.

#### **BOX 6. IL SETTORE ELETTRICO E LA FRAMMENTAZIONE AMBIENTALE**

Nell'ambito dei progetti di infrastrutture del settore elettrico, il tema della frammentazione è molto sentito anche se, in linea generale, l'inserimento di una linea elettrica, aerea o interrata, non si caratterizza quale intervento in grado di provocare rilevanti disturbi o modifiche del territorio tali da comprometterne in maniera irreversibile la naturalità.

---

Superata la fase di realizzazione dell'infrastruttura, infatti, l'ingombro di una linea aerea è rappresentato principalmente dai sostegni (in media uno ogni 400 metri) che, comunque, non precludono la presenza di fauna e vegetazione bassa, mentre quello di una linea interrata è identificato esclusivamente dalle paline di segnalazione. In fase di esercizio, inoltre, la frequentazione antropica dell'area interessata è limitata agli interventi di manutenzione, in genere molto distanziati nel tempo.

Le maggiori e più recenti esperienze italiane riferite a tale settore pongono una sempre crescente attenzione su metodologie, modalità e tecnologie atte a limitare gli impatti che tali impianti hanno, nella fase di costruzione come in quella di esercizio (soprattutto per le linee aeree), sulla salvaguardia e sulla tutela della biodiversità e in particolare sul fenomeno della frammentazione ambientale.

In tali esperienze già dalla fase strategica di definizione delle localizzazioni dei nuovi tratti di rete, di razionalizzazione dei percorsi esistenti e di eventuale dismissione di tratti in esercizio, sono tenute in considerazione sia le esigenze tecniche-economiche di pianificazione elettrica che le problematiche ambientali e sociali. Ciò coerentemente all'ipotesi di un approccio fortemente concertativo che prevede la condivisione della localizzazione delle opere con le Amministrazioni locali nonché degli studi e dei dati ambientali e territoriali necessari ad una corretta valutazione degli impatti significativi, diretti ed indiretti, di tale localizzazione e dell'opera sulle componenti ambientali ed antropiche.

L'inserimento di una nuova opera elettrica nel territorio può determinare sui recettori sensibili varie tipologie d'impatto sia per la natura dell'intervento che per le attività connesse alla sua realizzazione. Nel caso dell'avifauna, alla quale vengono attribuite la priorità nelle azioni di conservazione e di intervento, i maggiori effetti sono dovuti alla collisione e all'elettrocuzione (fulminazione per contatto con gli elementi conduttori). Gli elettrodotti possono tuttavia comportare anche impatti positivi, come ad esempio sulla pedofauna, soprattutto nei casi di suoli dedicati ad attività agricole, dove la presenza dei tralici garantisce a questi organismi un habitat indisturbato, al riparo dalle lavorazioni del terreno e dai passaggi di persone e macchinari.

Il principale impatto sulla vegetazione e sul paesaggio consiste, invece, nella distruzione della copertura vegetale originaria necessaria sia per l'inserimento dell'opera che per le aree di cantiere nel momento dell'installazione che per l'apertura delle piste per la manutenzione.

da Motawi A., Petraggi C. in ISPRA, *Tutela della connettività ecologica del territorio e infrastrutture lineari*, Rapporto 87/2008.

---

### 3. NUOVE INFRASTRUTTURE: LA COSTRUZIONE DI SCENARI PER LA LOCALIZZAZIONE OTTIMALE

#### 3.1 Criteri generali per la progettazione sostenibile di infrastrutture lineari

Quelli di seguito esposti sono criteri da applicare alla progettazione delle infrastrutture lineari allo scopo di conservare la biodiversità, l'ambiente naturale e culturale, il paesaggio, e le opportunità di ricreazione all'aperto.

1. Il progettista ha la principale responsabilità di considerare le tematiche ambientali. La preoccupazione per gli assetti naturali deve essere valutata sullo stesso piano degli aspetti tecnici e finanziari.
  2. La progettazione si deve basare su di una buona conoscenza della natura e degli ecosistemi. Gli inventari delle aree protette non sono sufficienti, ed è compito degli esperti valutare scientificamente le conseguenze delle diverse alternative. La cooperazione con gli specialisti fin dall'inizio del processo è un prerequisito per un buon risultato ambientale.
  3. Occorre un'analisi ed una valutazione dell'intera area interessata dall'infrastruttura, in quanto i lavori condizionano l'ambiente naturale e culturale, il paesaggio e le opportunità ricreative su di un'area molto più vasta rispetto a quella interessata dal progetto. E' quindi necessario valutare le conseguenze per tratti sufficientemente lunghi e su aree più ampie di quelle soggette direttamente ai lavori dell'infrastruttura.
  4. E' necessario evitare di disturbare e passare attraverso ambienti significativi. La divisione e la frammentazione portano alla perdita di funzioni per l'ambiente naturale e culturale. Le aree rimanenti devono mantenere una forma ed una superficie che le rendono ancora ecologicamente funzionali.
  5. Occorre proteggere le rotte di migrazione degli animali, così come le opportunità per i pesci di nuotare liberamente e le connessioni nelle aree di aperta campagna. Le connessioni ecologiche che si sono evolute su di un lungo periodo di tempo e che sono perfettamente adattate alle condizioni ed al paesaggio locale non possono essere ripristinate pienamente se danneggiate.
  6. Il tracciato dell'infrastruttura lineare si deve adattare all'ambiente naturale e culturale, al paesaggio ed alle opportunità ricreative all'aperto. Scegliere tracciato, standard, materiali e dettagli che salvaguardano gli assetti dell'ambiente circostante.
  7. Usare misure di mitigazione se gli impatti indesiderati sono inevitabili.
- I piani che non prendono in considerazione le esigenze ambientali devono essere rivisti.

#### *Infrastrutture lineari in zone estese e non interrotte di paesaggio*

L'ambiente che non è stato ancora frammentato da costruzioni *man-made* quali strade, ferrovie e impianti idroelettrici viene classificata come "non disturbato" dallo sviluppo tecnologico. Queste zone mantengono tratti estesi dove piante e animali vivono con le loro relazioni ecologiche e senza un grande influsso da parte dell'uomo.

Per salvaguardarle è necessario prendere in particolare considerazione:

- Ampiezza. Le aree vaste e non disturbate possono contenere ecomosaici che interagiscono tra loro formando un'entità. Questo, insieme alle connessioni vitali tra gli ecosistemi, vengono distrutti se le aree risultano divise. Le specie che necessitano di territori vasti e non interrotti vi sopravvivono in numero sufficiente a supportare la variazione genetica, necessaria per essere in grado di adattarsi in una certa misura alle variazioni ambientali. Molti degli animali che vivono in questi ambienti hanno pure la necessità di spostarsi su lunghe distanze per trovare le migliori situazioni per l'alimentazione nelle diverse stagioni dell'anno. Se queste aree vengono ridotte di superficie o frammentate, gli animali sono costretti in piccoli territori, aumentando la pressione del pascolo.
- Presenza all'interno di *core areas* ed altre zone importanti, quali aree protette, habitat rari, aree importanti per animali e piante, paesaggio, monumenti storici e ambienti culturali. In particolare la protezione delle *core areas* crea l'opportunità per le specie "specialiste" che richiedono habitat non disturbati e scarsamente frequentati dalle persone.
- Necessità di evitare l'impianto di attività e strutture lungo il tracciato lineare. L'incremento del traffico, e le costruzioni e le attività supplementari come stazioni di servizio, piazzole di sosta, piazzali di servizio, uffici turistici, motel, ecc. seguono spesso ad esempio la realizzazione di un nuovo tracciato stradale. Queste strutture, che portano disturbo ad aree precedentemente meno disturbate, possono avere impatti importanti alla pari del traffico stradale. Queste problematiche possono essere

---

chiarite insieme alle amministrazioni locali, e le decisioni relative alla pianificazione territoriale possono aiutare a limitare gli effetti indesiderati.

#### *Indirizzi di progettazione in zone estese e non interrotte di paesaggio*

1. Evitare la divisione e il disturbo delle aree estese e non interrotte di paesaggio
2. Se il disturbo in tali aree è inevitabile, il tracciato della strada deve essere situato il più lontano possibile dalle *core areas* e dalle altre aree che sono altamente vulnerabili e di maggior significato ecologico
3. Chiedere la consulenza di specialisti per la valutazione delle caratteristiche delle diverse aree, considerando cosa deve essere preso in esame e le proposte per le possibili misure per alleviare i conflitti
4. Usare misure che riducono l'effetto barriera della strada nei confronti di piante e animali. Includere queste misure quali corridoi e attraversamenti faunistici nella fase di progettazione. Le misure assunte successivamente hanno maggiori complicazioni e costi.
5. Nella cooperazione con le amministrazioni locali, limitare l'ampiezza ed il numero delle costruzioni e attività connesse con la realizzazione dell'infrastruttura, quali piazzole di sosta, aree di parcheggio, servizi turistici, ecc.

#### *Infrastrutture lineari che interessano zone umide*

Le zone umide vanno salvaguardate per le importanti funzioni ecologiche, economiche, turistiche e ricreative che le caratterizzano:

- varietà di vegetazione
- ricchezza di uccelli e insetti
- habitat per molte specie di animali
- corridoi di dispersione per gli animali
- scambio di sostanze nutritive tra ambiente terrestre ed acquatico
- cibo, rifugio e riparo per i pesci
- opportunità per i pesci di spostarsi negli affluenti
- filtro per l'inquinamento
- limitazione dell'erosione da parte della vegetazione
- funzione di contenimento delle piene da parte della vegetazione
- effetto di regolazione del microclima con riduzione a livello locale dell'escursione termica e la mitigazione dei periodi di siccità
- elemento paesaggistico
- opportunità ricreativa

Per salvaguardare l'assetto delle zone umide, tre sono le caratteristiche che, di esse, devono essere considerate:

- ampiezza
- continuità
- vegetazione

#### *Regole di progettazione in zone umide*

1. Disporre le infrastrutture il più lontano possibile dalle zone umide, considerando la loro ampiezza
2. Prendere in esame la continuità delle zone umide su vasta scala, tenendo presenti le rotte di migrazione degli uccelli e quelle dei pesci ed evitare che l'infrastruttura interrompa tale continuità
3. Proteggere il più possibile la vegetazione riparia
4. Realizzare ponti per scavalcare fiumi e torrenti
5. Allineare l'infrastruttura adattandola alla conformazione della zona umida e del paesaggio
6. Prendere in considerazione la possibilità di ripristinare la vegetazione quando vengono usati esplosivi, disegnando le scarpate e muri di sostegno. Piantare vegetazione autoctona nelle scarpate
7. Evitare di costruire banchinamenti nell'acqua
8. Occasionalmente può essere possibile costruire una nuova sponda oltre l'infrastruttura, se le condizioni ideologiche e l'erosione lo permettono.

#### *Infrastrutture lineari che interessano il paesaggio agricolo*

1. Il progetto deve basarsi sull'analisi del paesaggio dell'intera area condizionata dalla infrastruttura
2. E' necessario salvaguardare l'integrità e la continuità del paesaggio, delle coltivazioni tradizionali, degli elementi culturali e naturali
3. Conviene scegliere un tracciato che segua la conformazione del territorio e del paesaggio

---

4. E' sempre preferibile piantare vegetazione autoctona e usare elementi (es. muri) conformi con le caratteristiche del paesaggio locale

#### ***Infrastrutture lineari presso aree urbanizzate***

Per quanto riguarda la progettazione di infrastrutture lineari in aree urbanizzate, è necessario tenere presente che l'uso degli spazi verdi e delle altre aree ricreative da parte dei cittadini dipende essenzialmente dal livello di accessibilità. L'accesso deve pertanto essere garantito sia attraverso il trasporto pubblico che tramite una rete (*network*) di sentieri e piste ciclabili che collegano le aree verdi (*greenways*). Sono anche necessari parcheggi per auto presso le aree verdi. Le ricerche hanno infatti mostrato che chi frequenta le aree verdi preferisce averle a disposizione a breve distanza da casa.

Un'infrastruttura lineare che attraversa o penetra un'area provoca una serie di impatti (disturbo, inquinamento, rumore, ecc.) su di una superficie ben più ampia di quella realmente occupata: questo può essere definito "effetto puntura". Diversamente se la fiancheggia o costeggia solamente l'area si può parlare di un "effetto tangenziale".

#### ***Regole di progettazione in aree urbanizzate***

1. Il traffico non deve transitare nel cuore delle aree verdi
2. Evitare di progettare infrastrutture lineari lungo aree verdi o semi-naturali
3. Porre particolare attenzione alla qualità dell'area interessata ed ai suoi dintorni
4. Salvaguardare i punti di accesso alle aree verdi ed a quelle ricreative, rendendoli attraenti. Rimpiazzare quelli eventualmente danneggiati
5. Tutelare i punti di contatto tra le aree verdi ed il sistema di trasporto pubblico
6. Prendere in considerazione futuri progetti di ulteriore urbanizzazione, pianificando le vie di accesso (soprattutto pedonali e ciclabili) e di collegamento tra le aree residenziali, i servizi, le aree verdi e quelle ricreative.

#### ***Infrastrutture lineari che attraversano aree verdi***

Se il progetto riguarda direttamente un'area verde, deve essere considerata la continuità, la forma ed il suo contenuto. La continuità riguarda il complesso (rete) degli spazi verdi, che costituisce un sistema vitale sia quale via di comunicazione per i cittadini (concetto delle *greenway*) che per gli animali e le piante (concetto di rete ecologica e dei corridoi faunistici).

Occorre ricordare in questo contesto la necessità di garantire un contatto permanente e quotidiano tra cittadini di tutte le età ed il mondo naturale, che deve essere rappresentato in particolare da un'elevata biodiversità di specie vegetali ed animali di origine autoctona (Turner et al., 2004).

Un corridoio ampio almeno 60 metri fornisce un rifugio agli animali migratori e assicura un habitat per le piante. Anche la forma dell'area verde assume un significato per le specie che vi abitano, in quanto a parità di superficie una di forma stretta ed allungata offre meno protezione ma al contrario può funzionare meglio per gli spostamenti. Considerando che ciascuna specie di pianta o animale ha delle proprie necessità rispetto alla riproduzione, all'alimentazione, al rifugio ed alla dispersione, in linea generale occorre sapere che:

- le aree più estese offrono maggiori opportunità ad un numero maggiore di specie
- le aree compatte offrono opportunità sia alle specie che vivono negli ambienti di transizione (ecotoni) che a quelle che preferiscono la porzione interna dell'habitat (*core area*).

Il contenuto e la qualità dell'area verde è importante sia per gli organismi biologici che rispetto alla percezione che riguarda i fruitori.

Una varietà di situazioni e di micro-habitat permette lo sviluppo della massima biodiversità offrendo maggiori possibilità alle piante ed agli animali di sopravvivere nel contesto urbano (Dinetti, 2000).

#### ***Regole di progettazione presso aree verdi***

1. Acquisire le necessarie informazioni presso gli enti territoriali, ed in particolare presso gli uffici al verde ed ai giardini pubblici
2. Coordinare il sistema dei sentieri e delle piste ciclabili con la rete, sia esistente che di progetto, del sistema dei trasporti che riguarda e connette le aree verdi
3. Salvaguardare e potenziare i collegamenti con la rete delle aree verdi. Porre come priorità la realizzazione dei collegamenti che sono mancanti o carenti
4. Assicurare che le aree verdi risultino ben collegate con strutture importanti quali scuole, aree commerciali, zone ricreative e sportive, spazi aperti di campagna periurbana e con i trasporti pubblici

- 
5. Mantenere gli elementi individuali nell'area verde, e considerare l'ampiezza, la forma e le qualità che risultano utili per animali, piante e cittadini. Evitare il più possibile di modificare l'area verde, e assicurarsi la consulenza di esperti nel campo naturalistico
  6. Assumere uno standard per i sentieri pedonali e le piste ciclabili compatibile con le caratteristiche dell'ambiente naturale e culturale circostante.

### 3.1.1 ANALISI DI CONTESTO

In fase di progettazione di una nuova infrastruttura o parte di essa è importante dare la giusta attenzione alla costruzione di **scenari localizzativi** alternativi dell'opera. Per studiare le relazioni tra l'infrastruttura e la rete ecologica è essenziale effettuare non solo un'analisi della geometria attuale degli elementi di naturalità che costituiscono o che potenzialmente possono costituire una rete ecologica, ma anche la loro collocazione all'interno delle previsioni di trasformazione relative al territorio in oggetto, sia in conseguenza dei processi inerziali in atto (avanzata dei fronti di urbanizzazione, mutamento nelle colture prevalenti, fenomeni di abbandono delle aree collinari-montane), sia di quelle conseguenti le scelte di carattere programmatico espresse dai vari livelli di governo del territorio (pianificazioni di settore o generali, effettive od in itinere; interventi già programmati e progettati).

L'analisi diacronica permette di individuare le invarianti del territorio (cioè quegli elementi che ne conferiscono l'identità), le trasformazioni compatibili e le alterazioni, offrendo al tempo stesso indicazioni circa l'evoluzione del consumo di suolo.

Lo sviluppo di queste elaborazioni richiede la scelta di un range temporale quanto più ampio possibile (anche se nella realtà è fortemente influenzato dalla disponibilità e qualità delle informazioni "storiche"), o in caso contrario ben motivato, al fine di comprendere a fondo il processo insediativo dagli inizi sino allo stato attuale e coglierne le tendenze in atto, che andranno confrontate con le previsioni deducibili dall'analisi degli strumenti urbanistici per verificare la rispondenza delle scelte programmatiche alle reali situazioni territoriali.

L'indagine sul processo storico della colonizzazione umana del territorio, e quindi delle trasformazioni antropiche del paesaggio, dovuta ai cambiamenti delle economie, delle condizioni sociali e politiche, nonché alla cultura che da queste deriva e che da queste si genera, è uno dei riferimenti più importanti dell'analisi paesistica. In effetti in questa elaborazione cartografica vengono riportati tutti gli elementi che costituiscono un approfondimento indispensabile per la conoscenza del territorio (natura, architettura, rete infrastrutturale, ecc.) e in definitiva per la sua valutazione ai fini del corretto inserimento di un nuovo elemento che inevitabilmente dovrà entrare in contatto con un territorio e che pertanto dovrebbe dialogare con il contesto nel quale si inserisce.

I principali sistemi oggetto di analisi diacronica sono:

- il sistema "edificato" (edifici residenziali, produttivi, commerciali, preesistenze storiche);
- il sistema infrastrutturale (viario, ferroviario, sistemi a reti);
- il sistema delle aree naturali e semi-naturali (colture principali permanenti e annuali, limiti, allevamenti, orditure agrarie boschi vegetazione naturale-seminaturale);
- il sistema idro-geo-morfologico (rete idrografica, orografia, zone umide).

E' importante sottolineare che ciascun sistema sopra citato, può essere trattato a diversi livelli di approfondimento. Ad esempio per le strade, oltre alla classificazione in principali e secondarie, può essere utile riportare alcuni caratteri salienti legati magari alla presenza di muretti a secco, o di opere di contenimento particolari; per i campi può essere molto interessante, oltre alla notazione spaziale delle specifiche coltivazioni, riportate l'orditura degli stessi che è poi il "disegno" del paesaggio agrario esaminato; per i sentieri può essere molto interessante riportare l'eventuale presenza di alberature di pregio che conferiscono al percorso elementi di valore.

### 3.1.2 VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ AMBIENTALE: ANALISI PREVENTIVA

Passaggio fondamentale riguarda la classificazione del territorio in base alla sua sensibilità/compatibilità all'inserimento di una nuova infrastruttura lineare. Una corretta progettazione infrastrutturale deve tendere a ridurre al minimo gli impatti negativi sugli ecosistemi e sulle risorse endogene. Il primo sforzo deve essere rivolto alla prevenzione degli impatti (*avoidance*), che implica anche la presa in considerazione dell'"opzione zero", vale a dire l'annullamento dell'intero progetto. In seconda istanza comporta la scelta del tracciato migliore, al fine di ridurre gli impatti e salvaguardare i territori ecologicamente più fragili e importanti.

Cercando di individuare il miglior tracciato possibile, attraverso un corretto inserimento ambientale dell'infrastruttura, si minimizzano i conflitti e si riduce l'esigenza delle misure di mitigazione e compensazione. Come sempre, la prevenzione è preferibile alla cura. Inoltre se il progettista evita da



---

subito le zone di maggior valore ecologico, oltre a garantire un minore impatto ambientale previene futuri conflitti con le comunità locali, le organizzazioni ambientaliste, ecc..

Gli elementi cardine dell'intero processo decisionale riguardano:

- applicazione della VIA eVAS;
- esclusione dal percorso delle aree protette ai sensi delle Direttive EU
- considerazione del territorio vasto, e relazioni con la rete ecologica
- necessità di uno stretto dialogo e di una collaborazione tra le competenze ingegneristiche e quelle ecologiche
- attenzione agli aspetti ecologici e paesaggistici
- implementazione delle procedure per l'acquisizione dei terreni necessari per gli interventi di mitigazione e compensazione
- utilizzazione di tecniche e materiali compatibili ed ecologici
- monitoraggio e documentazione di tutte le fasi
- informazione e coinvolgimento della cittadinanza e delle organizzazioni locali

Una buona pianificazione territoriale costituisce uno strumento potente per ridurre la frammentazione ambientale che si può produrre nel futuro quale conseguenza delle attività umane. Nel 6° Programma di Azione Ambientale la Comunità Europea incoraggia l'uso degli strumenti di pianificazione quale sistema per migliorare la protezione ambientale e conseguire uno sviluppo regionale sostenibile. L'obiettivo della pianificazione spaziale è l'organizzazione delle funzioni e degli spazi così da ottenere la maggiore relazione reciproca, sviluppando il potenziale umano insieme a quello naturale. Un'attenta conoscenza dell'ecologia dei luoghi è necessaria se si desidera pianificare in maniera sostenibile.

#### *Screening territoriale*

Dopo la prima fase di screening, che consiste nell'esclusione, dell'opera o di parte di essa, dalla localizzazione delle aree ad alta valenza ambientale, occorre perseguire una ottimizzazione del tracciato agli effetti dell'impatto sulla biodiversità. Nello studio di una rete ecologica, come approccio per la diminuzione del rischio di frammentazione degli habitat, non è opportuno lasciare alle singole progettazioni la risoluzione del problema dell'interferenza sulla rete ecologica, sia perché il progetto non può valutare la scala vasta, sia perché c'è disomogeneità quali-quantitativa sul modo di affrontare il problema e le soluzioni.

Occorre quindi, ovviamente, realizzare un quadro pianificatorio che orienti le scelte di localizzazione e progettazione, creando strumenti e azioni, che permettano di mettere a punto e aggiornare i piani. Le azioni pianificatorie possono prioritariamente individuare le aree incompatibili, cioè dove le infrastrutture stradali non possono convivere con l'ecosistema presente.

Nel seguito, per semplicità, abbiamo ipotizzato una zonizzazione delle aree più o meno potenzialmente compatibili, raggruppandole in funzione prevalentemente del grado di qualità e vulnerabilità ambientale, in modo da introdurre il concetto di screening localizzativo preventivo a diversi gradi, per il quale la pianificazione assume un ruolo fondamentale.

#### *3.1.3 AREE AD ALTA SENSIBILITÀ RISPETTO ALL'INSERIMENTO DELL'INFRASTRUTTURA*

Le aree dove qualsiasi infrastruttura stradale importante è incompatibile con l'ambiente sono quelle che presentano un alto livello di qualità paesaggistico-ambientale o vulnerabilità o elementi di particolare pregio e rarità. Una prima classificazione, che può essere condotta soprattutto su basi cartografiche e bibliografiche, riguarda l'individuazione delle aree protette (parchi nazionali, parchi regionali, riserve, oasi ed altre aree protette) e del sistema della rete ecologica "Natura 2000" formata dalle ZCS (Zone Speciali di Conservazione, individuate come SIC - Siti di Importanza Comunitaria - ai sensi della "Direttiva Habitat"), e dalle ZPS (Zone di Protezione Speciale per gli uccelli, individuate ai sensi della "Direttiva Uccelli"). A tal riguardo è importante considerare anche la rete delle "IBA" (Aree Importanti per gli uccelli) individuate da BirdLife International (per l'Italia dalla LIPU) e destinate ad essere designate come ZPS. Tutte queste aree non devono essere attraversate dai tracciati dei nuovi progetti. Oltre a queste esistono altre aree non classificate fra quelle sopra (ad esempio i geositi) che dovrebbero essere individuate in sede pianificatoria da parte degli enti territoriali preposti a scala di maggior dettaglio appartenenti alla categoria dei Piani locali (Piani provinciali, comunali, Piani dei parchi ecc.). Per tanto dette aree sono quelle da considerare certamente inadatte ad ospitare l'inserimento di un'infrastruttura.

---

### 3.1.4 AREE A MEDIA SENSIBILITÀ RISPETTO ALL'INSERIMENTO DELL'INFRASTRUTTURA

In molti territori, in Italia, ci troviamo di fronte a situazioni caratterizzate da buona qualità paesaggistico-ambientale e da modesta antropizzazione, pur con qualche compromissione dell'integrità ecologica. Spesso c'è potenzialità e tendenza al recupero anche completo della naturalità e quindi, dal punto di vista ambientale, sarebbe opportuno evitare di introdurre nuovi impatti operando invece per accelerare i processi di recupero con interventi di risanamento e riqualificazione. In questi casi la convivenza con infrastrutture deve essere quindi valutata attentamente e, nel caso si verifichi la compatibilità generale, limitando il passaggio del tracciato e allocandolo al di fuori dalle zone di maggior pregio ecologico.

Per una corretta valutazione è opportuno, come si è già accennato, l'utilizzo di indicatori, strumenti in grado di fornire efficacemente una informazione sintetizzando un determinato numero di caratteristiche. Queste ultime sono relative allo stato dei fattori determinanti delle trasformazioni territoriali (le driving forces o drivers), alle pressioni, allo stato e alle variazioni di stato di determinati fattori e processi, all'impatto subito da specifiche componenti territoriali e alle risposte di vario tipo che possono essere previste per mitigare gli impatti (cfr. lo schema DPSIR dell'Agenzia Europea dell'Ambiente in ANPA, 2000). La selezione di indicatori può quindi prevedere la definizione di specifici fattori/processi determinanti le trasformazioni territoriali (es., quelli che sono alla base delle trasformazioni dinamiche in un determinato contesto territoriale, di tipo sociale o economico), l'individuazione di indicatori di pressione (ad es., quelli di tipo urbanistico/insediativo che possono consentire una valutazione del grado di "severità" di una matrice paesistica sui frammenti residui; Battisti e Romano, 2005), ma anche di indicatori di stato (esprimibili, ad es., dallo stato attuale delle tipologie ambientali target in termini di superficie, grado di isolamento, forma) e, infine, di indicatori di impatto, in grado di esplicitare la relazione causa-effetto tra pressione, stato e impatto. Per quanto riguarda quest'ultima categoria di indicatori, una selezione a livello di specie può prevedere una definizione delle stesse in funzione della loro sensibilità a specifici parametri componenti del processo di frammentazione. Pertanto, una volta definiti opportuni parametri valutativi (presenza/assenza, abbondanza, ricchezza di specie sensibili) è possibile fornire un'informazione in merito all'impatto subito dalle popolazioni delle diverse specie, conseguentemente alle avvenute trasformazioni territoriali. Tali specie possono costituire indicatori ma, in alcuni casi, possono essere l'obiettivo stesso della strategia<sup>10</sup>

Inoltre, si dovrà provvedere a predisporre e attuare un monitoraggio attento ed eventuali interventi di correzione e mitigazione in fase di cantiere e di esercizio.

Nell'individuazione preventiva di queste aree è ancora più importante il ruolo degli enti territoriali competenti nella pianificazione e il monitoraggio. Per tanto dette aree sono quelle da trattare con particolare cautela rispetto ad una loro possibile inclusione come zone destinate ad ospitare l'inserimento di un'infrastruttura.

### 3.1.5 SCELTA "OTTIMALE": ALTERNATIVE LOCALIZZATIVE (DI TRACCIATO)

Per la scelta ottimale va condotta una valutazione d'impatto preventiva all'avvio della fase progettuale, applicata alle alternative d'intervento (di localizzazione e di progetto), adottando metodologie di analisi comparativa di tipo multicriterio o multiobiettivo. Occorre pertanto individuare e definire gli indicatori che riguardano l'ecosistema e, sulla base delle caratteristiche di qualità ambientale, fissare dei pesi d'importanza rispetto a ciascun indicatore.

In generale, rispetto alle diverse alternative di tracciato, si devono prendere in considerazione le seguenti questioni:

- la frammentazione deve essere evitata, in particolare nelle aree di interesse prioritario alla conservazione della biodiversità, e in quelle non ancora soggette alla frammentazione;
- deve essere mantenuta la funzionalità dei corridoi faunistici, usati per gli spostamenti, la dispersione e le migrazioni: si devono considerare in particolare fiumi, torrenti ed altri corsi d'acqua, boschi ripariali, siepi e filari di alberi;
- i rilievi (colline, montagne, vallate) possono fornire opportunità al fine di diminuire l'effetto barriera dell'infrastruttura;
- le nuove vie di comunicazione devono essere poste preferenzialmente nei corridoi infrastrutturali, vale a dire in quelle zone già soggette ad urbanizzazione e industrializzazione, al fine di evitare la frammentazione di ambienti poco disturbati;

---

<sup>10</sup> Battisti C., "La selezione di indicatori a livello di specie nella pianificazione/progettazione di infrastrutture lineari" in Materiali di approfondimento - Rapporto ISPRA 87/2008

---

- deve essere preservata la continuità paesaggistica di elementi quali vallate fluviali, coste e crinali;  
La scelta ottimale è finalizzata, in realtà, all'individuazione non di una sola possibilità, ma di un ventaglio di alternative:

- *scelta compatibile, con mitigazioni*, ossia dove c'è compatibilità tra qualità ecologica non elevata e presenza di impatti ambientali non molto alti e sufficientemente mitigabili; casi in cui andranno particolarmente curati la valutazione d'impatto e la concezione delle misure di mitigazione e monitoraggio;

- *scelta compatibile senza problemi e magari vantaggiosa*. Caso in cui l'ecosistema e il paesaggio presentano modesta qualità e magari sono già compromessi dal tessuto antropico-infrastrutturale esistente e da diverse forme di degrado. In tal caso la realizzazione di una nuova infrastruttura di solito è compatibile, pur con le necessarie mitigazioni e previa valutazione della capacità di carico del territorio ospitante. In questi casi sono quasi sempre prevalenti gli effetti sulla salute o sul sistema socio-economico, rispetto a quelli nei confronti della natura.

Va tenuto però presente che in ambienti densamente antropizzati i pochi ambienti rimasti non compromessi rappresentano corridoi ecologici o rifugi indispensabili alla fauna. E' pertanto necessario individuarli e caratterizzarli con precisione, provvedendo ad adottare misure per il loro mantenimento o, possibilmente, miglioramento.

In molti di questi casi, la realizzazione dell'opera e il relativo investimento possono dar luogo addirittura a opportunità per il miglioramento ambientale, provvedendo agli interventi di miglioramento suddetti e di compensazione ambientale e sociale (p.e. la creazione di nuovi corridoi ecologici, zone umide, microhabitat, aree bonificate).

Occorre adottare, sin dalle prime fasi di analisi della localizzazione, un processo di negoziazione e collaborazione fra il proponente, gli enti pubblici competenti e le rappresentanze dei portatori di interessi sul territorio, con particolare riferimento agli uffici e associazioni che si occupano di ambiente naturale. In genere, nella fase di studio preliminare di localizzazione di una nuova infrastruttura viene data preferenza a quelle aree già infrastrutturate e, quindi, in qualche modo già compromesse: l'affiancamento di più infrastrutture (es. la costruzione di una nuova autostrada o di una linea elettrica a fianco di una strada o di una ferrovia già esistente) può rappresentare, infatti, una situazione vantaggiosa perché si crea un'unica barriera, sebbene questa risulterà complessivamente più ampia da superare.

## BOX 7. DEFINIZIONE DI CRITERI LOCALIZZATIVI PER L'INDIVIDUAZIONE DELLA LOCALIZZAZIONE OTTIMALE DI LINEE ELETTRICHE AT/AAT

I criteri ambientali e territoriali adottati per l'individuazione delle direttrici preferenziali e, conseguentemente, per la definizione del corridoio percorribile da linee AT/AAT, discendono da un accurato approfondimento e da un continuo studio atto ad affinare la metodologia messa a punto con l'esperienza compiuta dalla Società TERNA e quella esistente in campo internazionale. L'applicazione di tali criteri permette di identificare, per ogni nuovo collegamento da realizzare, di uno o più corridoi ambientali sottoposti in seguito ad analisi ambientali di dettaglio e sopralluoghi.

La metodica di studio impiegata discrimina il territorio in base all'attitudine ad ospitare o meno l'inserimento di un impianto elettrico distinguendo quattro macrocategorie: Esclusione, Repulsione, Problematicità, Attrazione

In linea di principio un'area di Esclusione (E) presenta un'incompatibilità all'inserimento di una linea elettrica talmente alta da condizionarne pesantemente l'utilizzo per un corridoio ambientale. Solo in situazioni particolari è quindi possibile prendere in considerazione tali aree nella fase di individuazione dei corridoi.

Le aree cosiddette di Repulsione (R) sono quelle che presentano un grado più o meno elevato di resistenza all'inserimento dell'opera; rappresentano quindi una indicazione di problematicità, ma possono essere utilizzate per i corridoi, salvo il rispetto di prescrizioni tecniche preventivamente concertate.

Le Problematicità (P) sono aree per le quali sono necessari approfondimenti, in quanto l'attribuzione alle diverse classi stabilite a livello nazionale risulta problematico perché non contempla specificità regionali o locali; risulta pertanto necessaria un'ulteriore analisi territoriale supportata da un'oggettiva motivazione documentata dagli enti coinvolti. A differenza degli altri criteri, questo si caratterizza per la necessità di approfondimenti e per l'assenza di un meccanismo automatico di valutazione a priori.

Le aree di Attrazione (A) sono da considerarsi, in linea di principio, preferenziali per ospitare corridoi per impianti elettrici.

Le tre categorie sono poi articolate su diversi livelli, (ad esempio: E1, E2, R1, R2 etc.), che facilitano la classificazione delle aree esaminate ad un dettaglio maggiore; tale impostazione favorisce non solo la fase di individuazione delle direttrici, ma anche quella di selezione del corridoio che presenta il più elevato grado di compatibilità/sostenibilità. Il corridoio ottimale viene condiviso con la Regione e, tramite essa, con le Province ed i Comuni interessati.

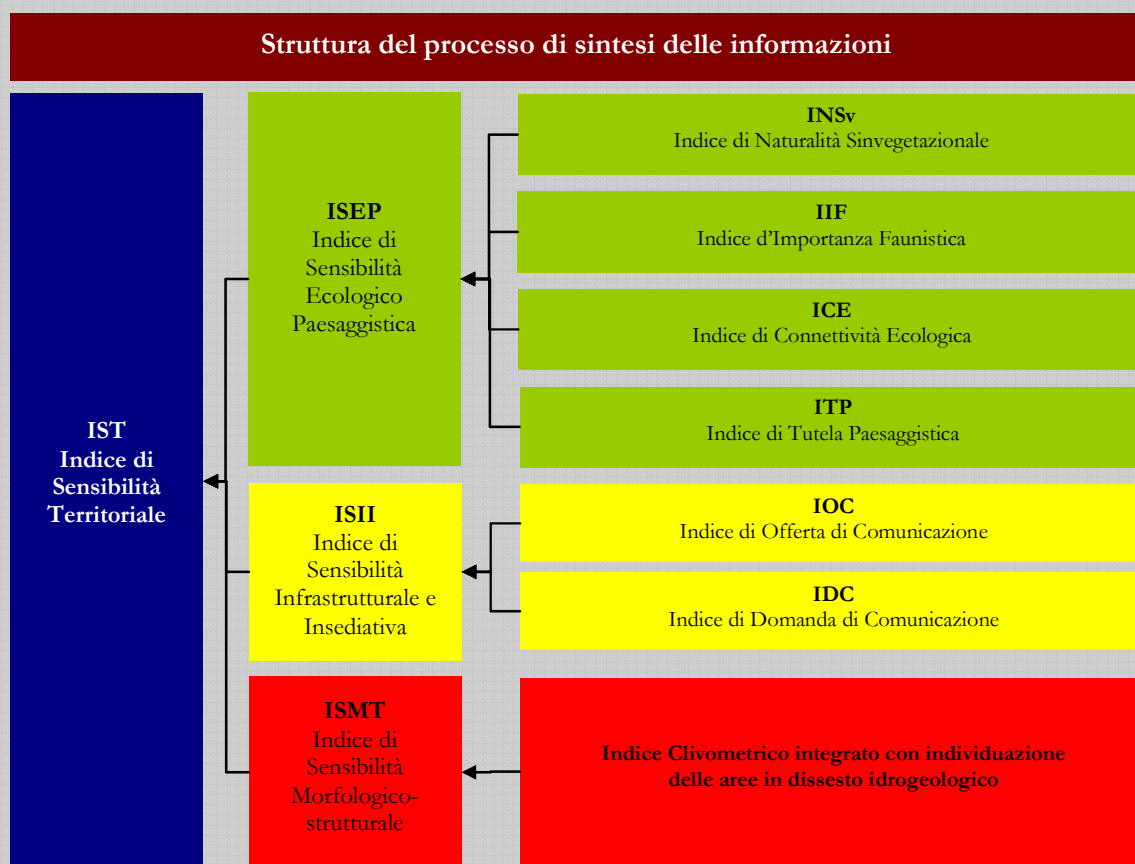
Esclusione	Repulsione	Problematicità	Attrazione
<b>E1</b> Vincoli normativi di esclusione assoluta: ■ aeroporti ■ aree militari	<b>R1</b> Aree da prendere in considerazione solo in assenza di alternative: ■ urbanizzato discontinuo ■ tutele areali e lineari art.136 D.Lgs. 42/2004 ■ SIC, ZPS ■ parchi naturali nazionali ■ riserve statali ■ Siti UNESCO – core zone Aree idonee solo per il sorvolo: ■ frane attive ■ aree a pericolosità molto elevata ed elevata di frana, valanga o inondazione	<b>P</b> Aree in cui il passaggio è problematico per un'oggettiva motivazione documentata da parte degli Enti coinvolti e che richiedono pertanto un'ulteriore analisi territoriale. ■ tipologie non definite a priori	<b>A1</b> Aree a migliore compatibilità paesaggistica in quanto favoriscono l'assorbimento visivo: ■ quinte morfologiche e/o vegetazionali ■ versanti esposti a Nord se non ricadenti in altri criteri
<b>E2</b> Vincoli di esclusione stabiliti mediante accordi di merito, in quanto la normativa non ne esclude l'utilizzo per impianti elettrici: ■ urbanizzato continuo ■ beni culturali art.10 D.Lgs. 42/2004 puntuali e beni paesaggistici art.136 D.Lgs. 42/2004 puntuali ■ Siti UNESCO puntuali	<b>R2</b> Attenzione stabilita da accordi di merito con riferimento alle aree protette: ■ IBA ■ siti Ramsar ■ rete ecologica ■ Parchi regionali ■ aree a pericolosità media e bassa di frana, valanga o inondazione		<b>A2</b> Aree preferenziali, previa verifica del rispetto della capacità di carico del territorio: ■ corridoi autostradali ■ corridoi elettrici ■ corridoi infrastrutturali
	<b>R3</b> Aree da prendere in considerazione solo in assenza di alternative o in presenza di sole alternative a minore compatibilità ambientale: ■ tutele art.142 D.Lgs. 42/2004 ■ Siti UNESCO – buffer zone ■ zone DOC e DOCC		

Per approfondimenti sulle tematiche trattate si rimanda a APAT, Gestione delle aree di collegamento ecologico funzionale. Indirizzi e modalità operative per l'adeguamento degli strumenti di pianificazione del territorio in funzione della costruzione di reti ecologiche a scala locale, Manuali e linee guida 26/2003.

## BOX 8. INDICATORI DI VALUTAZIONE DELLA SENSIBILITÀ TERRITORIALE ALL'INSERIMENTO DI UNA NUOVA INFRASTRUTTURA VIARIA

L'Indice di Sensibilità Territoriale è un indice spazializzato complesso in grado di analizzare e valutare la sensibilità di un'area all'inserimento di una nuova infrastruttura, con particolare attenzione alla localizzazione in quelle aree in cui il fragile habitat naturale, la peculiare conformazione orografica del territorio e le attuali condizioni di frammentazione. Esso considera tutti gli aspetti legati alla realizzazione di un'opera: dalla domanda di trasporto al valore paesaggistico ambientale dell'area, dalla tutela della biodiversità alla funzionalità dell'opera. Il valore dell'indice spazializzato nel territorio è facilmente rappresentabile in una tavola con l'ausilio degli strumenti informativi geografici ormai diffusi. La tavola che si genera offre una lettura immediata dell'opportunità o meno di inserire nel territorio in esame una nuova infrastruttura e, una volta evidenziata una domanda di collegamento tra due nodi, permette di essere vista come una superficie d'impedenza sulla quale calcolare il corridoio ottimale dove realizzare il tracciato. La costruzione di questo indice si avvale di sotto-indici per gli ambiti ecologico-paesaggistico, infrastrutturale-insediativo e morfologico-strutturale, ognuno dei quali considera diversi elementi di valutazione (vedi grafico seguente).

Questa struttura del processo di sintesi delle informazioni, anche se apparentemente complessa, permette non solo di considerare in un'unica tavola di valutazione la molteplicità dei fattori interagenti nella pianificazione e progettazione di un'opera, ma anche di isolare la causa principale di conflitto tra l'area in esame e la nuova infrastruttura, ripercorrendo le fasi metodologiche seguite.



Per approfondimenti sulle tematiche trattate si rimanda a APAT, Gestione delle aree di collegamento ecologico funzionale. Indirizzi e modalità operative per l'adeguamento degli strumenti di pianificazione del territorio in funzione della costruzione di reti ecologiche a scala locale, Manuali e linee guida 26/2003.

### Mitigazione, gestione e monitoraggio degli interventi

La fase di progettazione degli interventi di mitigazione e compensazione ambientali, risulta l'ultimo step di un "ciclo progettuale" complesso che, basandosi su un'approfondita analisi del contesto ambientale del territorio direttamente ed indirettamente interessato dall'infrastruttura, ottimizza la localizzazione del tracciato, definisce le tipologie costruttive più adeguate e di minor impatto e nella fase finale individua le misure di mitigazione degli impatti residui.

I criteri generali che guidano la definizione della progettazione delle opere di mitigazione ambientale per il contenimento degli impatti sulla biodiversità tengono conto, oltre ai principi di conservazione della biodiversità e quindi alle necessità tecniche per cui sono state specificatamente progettate, anche delle esigenze di sicurezza, del mantenimento e riqualificazione delle configurazioni paesaggistiche presenti, del contenimento dei livelli di intrusione visiva, dell'utilizzo di specie autoctone, tipiche della vegetazione potenziale delle aree attraversate. Gli interventi di mitigazione inoltre possono rappresentare un'opportunità per la costruzione ex novo di unità ecosistemiche in grado di aumentare l'equipaggiamento naturale del territorio ovvero la ricostruzione di ecosistemi eventualmente compromessi.<sup>11</sup>

#### 3.1.6 PRINCIPALI MISURE

Una volta definito il tracciato in funzione del minimo impatto ambientale, sempre nella stessa ottica vanno individuate le soluzioni progettuali appropriate e le misure di mitigazione<sup>12</sup>.

Alternative progettuali sono, in particolare, tipologie di manufatti tali da consentire o migliorare la permeabilità ecologica e ridurre il disturbo alla fauna; per es.: tratti in viadotto anziché in rilevato, opportune sistemazione naturalistiche di corsi d'acqua e scarpate, collocazione di fasce boscate e siepi, creazione di aree umide, ovviamente specifici passaggi o inibizioni per fauna, ecc.

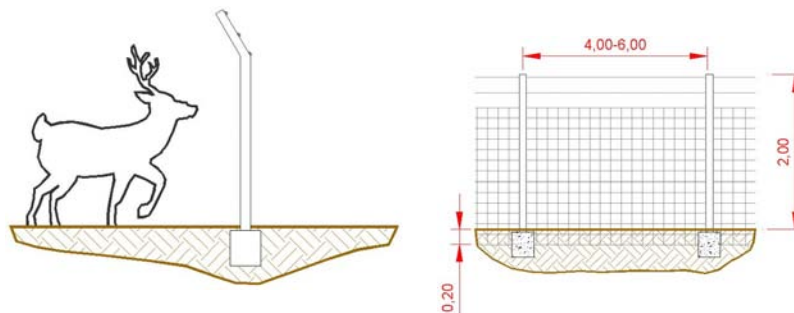
Anche sulle alternative progettuali occorre applicare un'analisi multicriterio, da svolgersi contestualmente alla fase di localizzazione, in modo da ottimizzare le soluzioni progettuali rispetto ai diversi obiettivi. L'esigenza di permeabilità faunistica è comunque imprescindibile e si deve perseguire almeno un minimo risultato sulla base delle esigenze individuate da piani o studi specifici.

Di seguito sono elencati alcuni interventi specifici per ridurre gli impatti da frammentazione.

**Recinzioni.** Una categoria di opere atte a ridurre gli scontri diretti sono le recinzioni. Evidentemente una recinzione costituisce a sua volta una barriera, di cui andranno analizzati gli effetti. La collocazione di una barriera dovrà essere opportunamente posizionata e dimensionata in relazione alla distanza e alla posizione degli habitat laterali, tenendo conto che la natura tecnica ottimale delle recinzioni varia a seconda delle specie animali più significative presenti negli habitat laterali. Il ruolo della recinzione potrà poi essere migliorato, dal punto di vista ecologico, affiancando filari di arbusti opportunamente scelti e collocati.



**Figura 3.1 - Recinzione a maglia variabile per ungulati (M. Dinetti), da Rapporto ISPRA 87/2008**



**Figura 3.2 - Prospetto e sezione di una recinzione per cervidi (ridisegnato e modificato da: Rosell Pagès e Velasco Rivas, 1999) da Rapporto ISPRA 87/2008**

<sup>11</sup> Cfr. Beretta G., "Misure di mitigazione degli impatti delle infrastrutture lineari sulla biodiversità" in Materiali di approfondimento – Documento ISPRA 2008

<sup>12</sup> Cfr. Rapporto ISPRA 87/2008 - Schede Tecniche: Barriere anfibi (1A); Barriere ungulati (1B); Barriere porta di fuga/rampa di fuga (1C); Attraversamenti inferiori – estensione viadotto (2A 1); Attraversamenti inferiori – tunnel anfibi (2A 2); Attraversamenti inferiori – specie media taglia (2A 3); Attraversamenti inferiori – specie grossa taglia (2A 4); Attraversamenti inferiori – canale sotterraneo ecologico (ecoculvert) (2A 5); Attraversamenti superiori – Ponte faunistico (2B1); Attraversamenti superiori – ecodotto (2B2); Attraversamenti superiori – Ponte paesaggistico (2B3); Segnalatori – per automobilisti (segnali stradali) (3A); Segnalatori – per animali (catarifrangenti) (3B); Strutture pericolose – pannelli fonoassorbenti trasparenti (4A); Strutture pericolose – risalite per pozzetti/chiusini e cordoli (4B); Strutture pericolose – new jersey (4C).

*Viadotti.* Le modalità di progettazione e di realizzazione di un viadotto saranno determinanti ai fini della riduzione degli impatti sulla frammentazione ecologica. Compatibilmente con altre esigenze, la luce tra i piloni dovrà essere la maggiore possibile. Qualora si preveda anche l'attraversamento da parte della viabilità locale, una parte significativa della sezione dovrà essere mantenuta o ricostruita ad habitat naturale. Un punto di specifica attenzione progettuale per i viadotti (ma soprattutto per i ponti) sarà costituito dalla spalle di appoggio. A seconda delle situazioni, nei punti di appoggio sulle spalle laterali si potranno prevedere recinzioni, fasce arbustive, microhabitat particolari, e in generale opere che consentano un ampliamento delle fasce naturali o naturaliformi.



**Figura 3.3** - Viadotto dell'Autostrada del Sole A1 in località Calenzano (FI) (M. Bacci). da Rapporto ISPRA 87/2008

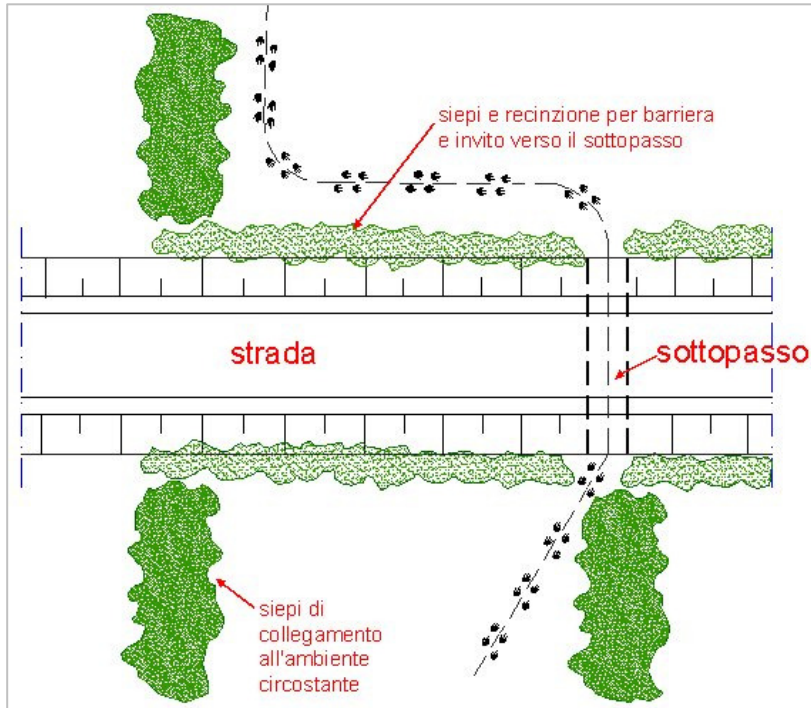
*Sottopassi faunistici.* Per quanto possibile, la definizione tecnica di passaggi faunistici richiede a monte anche l'individuazione delle specie-guida, ciascuna delle quali può porre esigenze tecniche specifiche.

In questi casi è comunque di estrema importanza poter prevedere, accanto all'infrastruttura di attraversamento, fasce laterali che possano consentire il passaggio alla fauna. Si possono realizzare sottopassi specificamente progettati per la fauna. Nel caso di infrastrutture di larghezza moderata, per la fauna minore terrestre potranno funzionare anche tubi di cemento di opportuna ampiezza. Se l'obiettivo è il passaggio di grande fauna (es. ungulati), i sottopassi dovranno essere specificamente progettati per quanto riguarda larghezza e altezza. I sottopassi faunistici dovranno spesso, per essere efficaci, essere accompagnati da deflettori posti agli imbocchi in grado di indirizzare opportunamente gli animali. L'intervento ideale comprenderà una serie di elementi (sottopasso, deflettori, fasce arbustive di mascheramento e piccole macchie di appoggio), che nel loro insieme massimizzeranno l'efficacia dei passaggi faunistici.

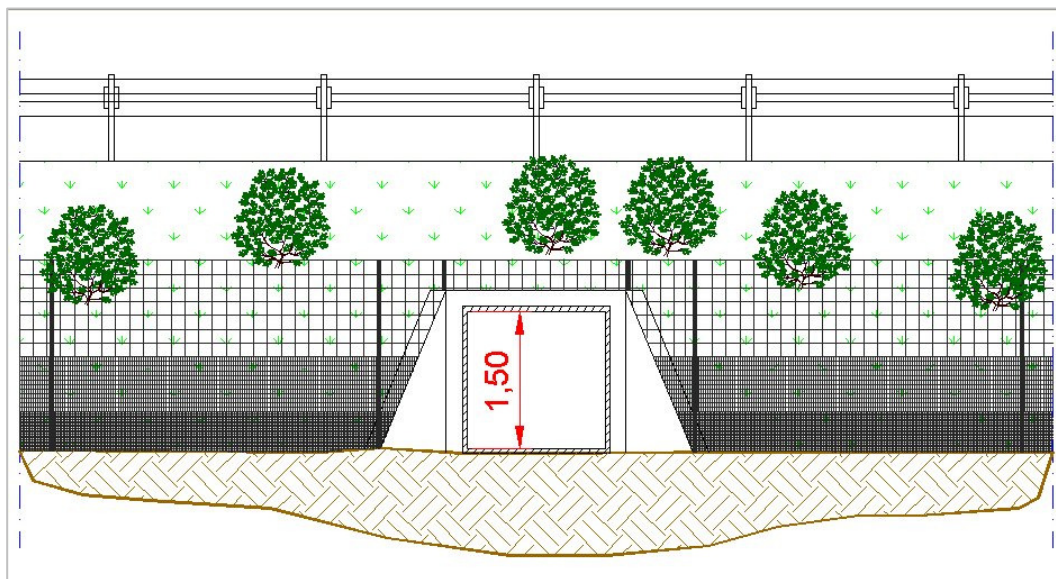
Un obiettivo particolare di permeabilità ecologica è quello di garantire a determinati anfibi (alcune specie di rospi) le possibilità riproduttive. Bisogna così prevedere specifici passaggi in corrispondenza dei percorsi preferenziali tradizionalmente seguiti.



**Figura 3.4** - Tunnel di drenaggio delle acque che può svolgere anche funzione di attraversamento faunistico. M. Dinetti da Rapporto ISPRA 87/2008



**Figura 3.5** - Prospetto di un sottopasso per specie di media taglia da Rapporto ISPRA 87/2008



**Figura 3.6** - Planimetria di un sottopasso per specie di media taglia (ridisegnato e modificato da: Dinetti, 2000) da Rapporto ISPRA 87/2008

*Fasce arboreo-arbustive ai lati delle strade.* Un settore particolare di impatto ambientale e di risposta tecnica è quello relativo all'avifauna che, volando rasoterra, può anche restare uccisa nello scontro ad esempio con gli autoveicoli nel caso delle infrastrutture viarie. La realizzazione di fasce arboreo-arbustive ai lati delle linee infrastrutturali può alzare la linea di volo degli uccelli e ridurre più o meno significativamente i casi di impatto. La presenza di vegetazione arboreo-arbustiva ai lati dell'infrastruttura lineare per limitare gli impatti con l'avifauna, avrà caratteristiche differenti di struttura e altezza a seconda della tipologia di linea e delle modalità costruttive (rilevato, trincea, viadotto).

In alcuni casi le ricostruzioni di vegetazione laterale possono avere valenze multiple. La presenza di fasce laterali va considerata anche in funzione delle specifiche condizioni climatiche della zona (venti laterali, possibilità di accumuli di neve ecc.). Inoltre l'affiancamento delle infrastrutture lineari con



---

fasce laterali a vegetazione spontanea può servire a collegare tra loro unità naturali intersecate dalla nuova opera e che altrimenti resterebbero separate. Si vengono così a formare corridoi lungo le reti che potranno essere usati da piccoli animali (es. Coleotteri Carabidi, alcuni Rettili ecc.) per lo scambio di individui tra le popolazioni dei frammenti rimasti.

Una funzione sempre più frequentemente richiesta alle fasce laterali nel caso della viabilità stradale è la protezione dell'ambiente esterno dal rumore e dagli scarichi prodotti dal traffico. Anche nel caso di uso di strutture antirumore tecnologiche (es. pannelli fonoassorbenti) si deve cercare per quanto possibile di abbinare elementi viventi (es. arbusti) in modo da creare microhabitat con valenze ecologiche.

*Interventi complementari a lato delle strade.* Un tipo di opere che merita una particolare attenzione progettuale è quello dei consolidamenti laterali su versante. Al fine di creare microcorridoi laterali, il progetto dovrà abbinare una scelta adeguata delle sezioni con l'uso di tecniche ottimali di ingegneria naturalistica.

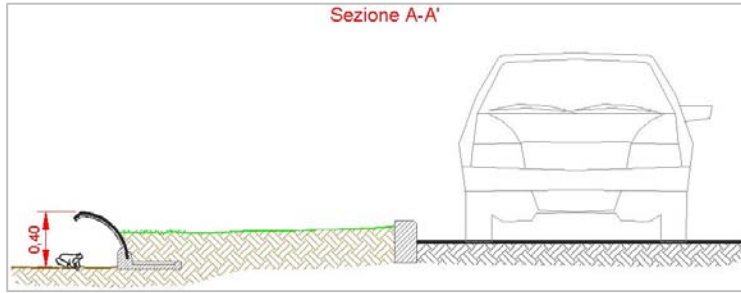
Un settore specifico di intervento per i corridoi laterali è quello delle fasce spartitraffico. Le performance attese e le specifiche realizzative potranno variare a seconda delle situazioni. Le performance ecologiche attese per le fasce vegetate spartitraffico saranno differenti a seconda della loro ampiezza e della natura dell'ambiente ai lati della strada.



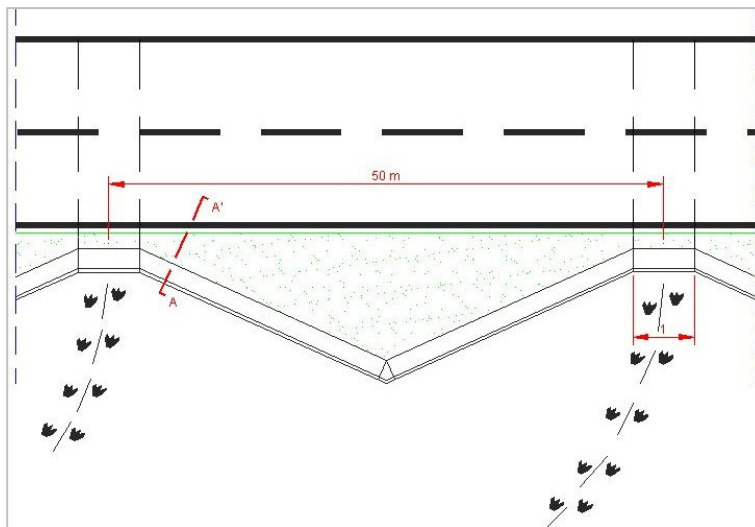
**Figura 3.7** – Lo svincolo è evidenziato dalla separazione fisica creata dalla quinta di verde (a sinistra) a sua volta enfatizzata da un rilievo del terreno (a destra). M.Minelli da *Manuali e Linee Guida ISPRA 65.5/2010* – pag.78

Anche ad aree di svincolo di dimensione relativamente piccola possono essere assegnati obiettivi ecologici di qualche interesse (per es. la presenza e il mantenimento di specie erbacee rare) per la biodiversità. Le aree intercluse, ovvero quelle di limitata estensione poste all'interno di porzioni di territorio circoscritte da barriere artificiali (es. autostrade, ferrovie ecc.) o naturali (es. corsi d'acqua) costituiscono zone quasi sempre abbandonate a se stesse; esse invece bene si presterebbero per la realizzazione di interventi di recupero ambientale utilizzando neoecosistemi in grado di contribuire all'inserimento paesaggistico ed ecosistemico delle infrastrutture lineari. L'organizzazione delle fasce laterali potrà avvenire in modo da produrre funzioni multiple, sia ecologiche (connettività longitudinale) sia territoriali (es. percorsi ciclopedonali).

La buona riuscita dei progetti di permeabilità ecologica dipende anche dall'assetto dell'ambiente al di là delle immediate pertinenze dell'infrastruttura lineare. Le possibilità di orientare gli spostamenti degli anfibi verso gli imbocchi dei passaggi possono essere sensibilmente migliorate intervenendo sulle aree limitrofe in termini di ricostruzione di habitat. Avendo la possibilità di introdurre nuovi elementi naturali o naturaliformi sull'ambiente laterale si hanno migliori possibilità di governare tecnicamente gli spostamenti di animali trasversali rispetto all'infrastruttura.



**Figura3.8** - Sezione di recinzione per Anfibi (ridisegnato e modificato da: Rosell Pagès e Velasco Rivas, 1999) da Rapporto ISPRA 87/2008



**Figura3.9** - Planimetria della recinzione per Anfibi con indicato il tunnel di sottopasso, da Rapporto ISPRA 87/2008



**Figura3.10** - Barriera per Anfibi lungo una strada presso Yverdon (Svizzera). M. Dinetti. da Rapporto ISPRA 87/2008

I passaggi faunistici possono diventare elementi di un sistema di corridoi ecologici locali in grado di mettere tra loro in relazione unità esistenti altrimenti frammentate, nell'ottica appunto di una rete ecologica complessiva.

Anche il sistema della viabilità locale minore potrebbe in determinate circostanze fare da supporto ad un sistema di connessioni ambientali. Affinché abbia un senso ecologico una rete locale di questo tipo dovrebbe però aver chiarito e verificato in precedenza i propri obiettivi specifici.

La progettazione delle fasce laterali richiede una serie di scelte che combinino le performance ecologiche desiderate con altri requisiti tecnici ordinari (scorrimento delle acque di ruscellamento, possibilità di manutenzione, recinzioni ecc.). Particolarmente importante nella ricostruzione degli habitat laterali è la scelta delle specie vegetali da impiantare, che dovrà rispondere a obiettivi di correttezza floristica e di ingegneria naturalistica.

---

Un punto delicato ma irrinunciabile del progetto è l'individuazione dei tratti in cui aumentare l'ampiezza della fascia di intervento diretto del progetto, ad esempio per il mantenimento delle caratteristiche idrauliche ed ecosistemiche iniziali. Interventi di questo tipo devono essere considerati ancora mitigazioni degli impatti prodotti dall'opera.

Ogni progetto, pur adottando le mitigazioni più avanzate, produce impatti residui non mitigabili (pensiamo ad esempio al consumo diretto dell'ambiente preesistente) a cui potranno corrispondere compensazioni specifiche sul piano ecologico, in particolare attraverso ricostruzioni di habitat in siti opportunamente localizzati. In prima istanza si considereranno opzioni compensative in aree laterali a quelle di progetto, in modo da mantenere l'unitarietà dell'intervento. Il complesso degli interventi laterali mitigativi e compensativi dovrà poi tradursi in modo chiaro anche ai fini dell'individuazione delle modalità di esproprio. Il complesso delle scelte progettuali di tipo mitigativo e compensativo troverà una traduzione nel progetto di inserimento ambientale dell'opera, in cui i temi della continuità ecologica dovranno essere stati opportunamente affrontati e risolti.

La fattibilità del progetto di inserimento ambientale e delle soluzioni adottate per garantire la permeabilità ecologica dovrà essere stata tradotta anche in termini di costo a livello di progetto definitivo. Si dovrà sempre più puntare ad una progettazione integrata di area che combini in modo ottimale anche sotto il profilo ambientale il complesso delle previsioni di intervento, anche relative ad opere differenti. La progettazione integrata dovrebbe essere in grado di combinarsi in modo sinergico, sotto il profilo della ricostruzione della qualità ecologica, anche con le previsioni urbanistiche delle zone interessate. E' auspicabile che le azioni volte a garantire la permeabilità ecologica facciano parte, per quanto possibile, delle scelte strategiche di area vasta (pianificazioni territoriali provinciali, politiche di sviluppo sostenibile), in uno scenario di rete ecologica polivalente.

Si tratta in definitiva di prefigurare un disegno complessivo di nuovo ecomosaico a rete interconnessa che subentri a quello attuale eccessivamente frammentato e artificializzato e che sia in grado di sfruttare le opportunità positive dell'incontro tra le opzioni territoriali e quelle ecosistemiche.

### *3.1.7 GESTIONE E MANUTENZIONE DEGLI INTERVENTI*

Gli interventi finalizzati alla mitigazione degli impatti nei confronti della biodiversità, e in particolar modo quelli per la gestione della fauna presso le infrastrutture stradali, per assolvere adeguatamente alla loro funzione devono mantenere le funzionalità concepite in sede progettuale. Infatti, questi interventi, a differenza di altri interventi di mitigazione, che in molti casi possono evolvere autonomamente (p.e. i rinverdimenti e le opere di ingegneria naturalistica), possono anche non funzionare affatto qualora cambiassero la geometria o si degradassero anche parzialmente.

In sede progettuale deve quindi essere sviluppato un dettagliato piano di manutenzione che preveda modalità e tempi di controllo e gestione per ogni tipologia di opera, tenendone presenti gli obiettivi.

I piani di gestione/manutenzione devono tener conto di un lasso di tempo normalmente di 20-30 anni dalla realizzazione degli interventi.

Le operazioni gestionali previste si suddividono in:

1. manutenzione ordinaria, che comporta il controllo dello stato di efficienza dell'opera, eventuali modeste riparazioni e, soprattutto, la manutenzione della vegetazione ove necessaria;
2. manutenzione straordinaria, che consiste negli interventi di rifacimento e ristrutturazione (totale o parziale), da attuarsi nel caso di danni gravi dovuti a eventi esterni eccezionali o a invecchiamento dell'opera stessa (p.e.: occlusione di canali e passaggi, degrado di materiali, crollo di strutture);
3. revisione dell'opera, in relazione alla verifica della non ottimale rispondenza del progetto alle attese, e consiste nella modifica o sostituzione con altra tecnica qualora il monitoraggio della sua prestazione (vedi prossimo paragrafo) ne dimostrasse l'inefficienza.

In tutti i casi è preferibile realizzare misure durevoli che richiedono poca manutenzione, e questo sia per evitare successivi interventi che possono disturbare la fauna, sia per ridurre le spese di manutenzione.

### *3.1.8 MONITORAGGIO E TARATURA AZIONI*

Una volta costruite le misure di mitigazione, è importante verificare se esse vengono effettivamente utilizzate dagli animali, in modo particolare dalle specie target, nella misura stimata in sede progettuale. E' pertanto necessario rispondere in particolare alle seguenti domande: ciò che è stato costruito risponde effettivamente ai motivi che lo hanno reso necessario? Quali sono le specie utilizzatrici? Qual è l'influsso degli ambienti circostanti? Gli attraversamenti vengono usati solo dagli animali in fase di dispersione oppure anche dai residenti?

Inoltre, occorre verificare lo stato di conservazione ed efficienza delle opere (usura, danneggiamento, degrado) in modo da supportarne la manutenzione.

---

Per rispondere a queste esigenze sono necessarie azioni di monitoraggio, opportunamente concepite già in fase di progettazione.

Esistono diverse tecniche, ciascuna più adatta a determinate tipologie di attraversamento faunistico:

- per piccoli attraversamenti, come tunnel e passaggi sotto ponti e canali sotterranei, risponde bene il metodo “inchiostro”: occorre fissare su una tavola un tampone inchiostriante e alcuni fogli, che possono essere introdotti nel tunnel per 1,5-2 metri, allo scopo di registrare le impronte delle zampe degli animali in transito;

- una variante è una striscia di sabbia o argilla all’ingresso del tunnel;

- quando il metodo “inchiostro” non può essere usato, oppure è necessario documentare anche il comportamento degli animali, si ricorre a un sistema di registrazione video automatico (telecamera a infrarossi con videoregistratore e sensori che percepiscono la presenza degli animali); questo sistema funziona bene con i mammiferi e può avere un’autonomia di una settimana; se posizionato davanti a un piccolo attraversamento faunistico è in grado di registrare tutte le specie, mentre presso un attraversamento di grandi dimensioni, quale un ecodotto, registrerà in particolare i grossi mammiferi.

Al fine di ridurre gli effetti delle variazioni annuali dei parametri delle comunità animali, la durata ottimale dei monitoraggi finalizzati alla taratura degli interventi deve essere almeno di 4 anni, mentre la verifica di manutenzione deve accompagnare la vita dell’opera complessiva.

Gli errori eventualmente commessi devono poi essere divulgati affinché tutti coloro che sono preposti alla progettazione e gestione migliorino nel futuro le realizzazioni e non ripetano gli sbagli già commessi da altri.

---

## 4. BEST PRACTICES

### 4.1 Ottimizzazione localizzativa di infrastrutture viarie nel territorio rurale. Caso di studio: strada “delle tre valli ombre” ss 685.

MENCONI M.E., NERI M.

L'obiettivo strategico del lavoro consiste nel cercare un percorso per coniugare le esigenze di sviluppo infrastrutturale viario con quelle di tutela e valorizzazione del territorio e delle risorse in esso presenti. Tale finalità viene raggiunta attraverso la messa a punto di una metodologia dedicata all'individuazione di corridoi ottimali per la localizzazione di nuove infrastrutture viarie, contemperando le esigenze di tutela delle risorse naturali con quelle di crescita socio-economica. La metodologia proposta prevede l'applicazione di tecniche mutuata dall'analisi multicriteri, attraverso cui valutare le migliori soluzioni di inserimento progettuale, basati su fattori significativi tra loro interagenti (ecologico-ambientali, morfologico-strutturali, socio-culturali), al fine di fornire al decisore un supporto di valutazione in grado di realizzare il più accettabile compromesso fra i diversi obiettivi perseguiti.

La metodologia si basa sulla costruzione di una superficie di compatibilità tra contesto territoriale e infrastrutture viarie, tramite la messa a punto di un indice spazializzato in grado di considerare la molteplicità degli aspetti legati alla realizzazione di una strada: dalla domanda di trasporto al valore paesaggistico ambientale dell'area, dalla tutela della biodiversità alla funzionalità dell'infrastruttura. Il valore dell'indice spazializzato nel territorio è facilmente rappresentabile in una tavola con l'ausilio degli strumenti informativi geografici ormai diffusi.

La tavola che si genera offre una lettura immediata dell'opportunità o meno di inserire nel territorio in esame una nuova infrastruttura viaria e, una volta evidenziata una domanda di collegamento tra due nodi, permette di essere vista come una superficie di costo sulla quale calcolare il corridoio ottimale (a costo minimo) dove realizzare il tracciato. La costruzione di questo indice si avvale di tre sotto indici (ambito ecologico-paesaggistico, infrastrutturale-insediativo e morfologico-strutturale) ognuno dei quali considera diversi elementi di valutazione. Questa struttura del processo di sintesi delle informazioni, anche se apparentemente complessa, permette non solo di considerare in un'unica tavola di valutazione la molteplicità dei fattori interagenti nella pianificazione e progettazione di un'opera, ma anche di isolare la causa principale di conflitto tra l'area in esame e la nuova infrastruttura, ripercorrendo le fasi metodologiche seguite (Fig.4.1). La scala di lavoro scelta per l'implementazione della metodologia è quella sovracomunale considerando che:

- i contesti territoriali considerati sono ampi;
- le infrastrutture che generano i maggiori impatti sono a carattere sovra comunale;
- gli strumenti urbanistici, che potrebbero recepire al loro interno una superficie di compatibilità finalizzata alla realizzazione di nuove strade, sono quelli regionali e/o provinciali.

Di seguito sintetizziamo le fasi della metodologia:

#### *Fase 1: Definizione del quadro conoscitivo*

Il lavoro di inquadramento territoriale riguarda l'acquisizione all'interno di un Sistema Informativo Geografico di numerosi dati georeferenziati e la loro organizzazione in tre differenti livelli informativi (layers): Ambientale e Paesaggistico; Infrastrutturale-Insediativo; Morfologico-Strutturale.

#### *Fase 2: Costruzione degli indici per macroambiti di analisi*

Per la valutazione delle numerose e differenziate informazioni inserite all'interno del GIS dedicato, è prevista la strutturazione di un processo di analisi multicriteri di tipo gerarchico (AHP Analytic Hierarchy Process). Obiettivo principale è la valutazione della sensibilità complessiva all'inserimento sul territorio di una nuova infrastruttura viaria. I criteri individuati per raggiungere l'obiettivo dell'intero processo sono organizzati sulla base di una gerarchia di dominanza.

#### *Fase 3: Costruzione di una superficie di compatibilità contesto territoriale/infrastrutture viarie*

Per arrivare alla costruzione di una superficie rappresentativa della compatibilità del territorio all'inserimento di una nuova infrastruttura viaria sono aggregate ulteriormente le informazioni prodotte dalle fasi precedenti (indici rappresentativi dei tre macroambiti di analisi: ambientale e paesaggistico, socio-economico e morfologico-strutturale). L'aggregazione dei tre livelli informativi permette di fornire una lettura integrata delle componenti che influiscono sulle criticità dell'area

---

analizzata anche in relazione alla diversa importanza assunta da ciascun fattore considerato e ottenere un indice continuo della sensibilità territoriale riferito all'area di studio. Questa operazione consente di raggiungere l'obiettivo finale (o goal della valutazione) dell'analisi multicriteri, e quindi di esprimere la sensibilità complessiva del territorio agli effetti prodotti da una infrastruttura viaria

#### *Fase 4: Individuazione di corridoi di ottimale localizzazione di un progetto viario*

Partendo dalla domanda di collegamento di due nodi e dalla superficie di costo è possibile simulare alcuni possibili scenari caratterizzati, da un ridotto livello (in termini cumulativi) di sensibilità territoriale alla collocazione di un nuovo tracciato. Le tecniche di Cost Distance Modelling e Analytic Minimum Impedance Surface (AMIS), consentono di valutare i gradienti di idoneità territoriale associati ad itinerari che uniscono le località poste agli estremi dei tracciati viari oggetto di studio

#### *Area di studio "Le tre valli umbre"*

La metodologia messa a punto è stata applicata ad un caso di studio per verificarne limiti e potenzialità relativi al progetto di una nuova infrastruttura viaria in Umbria.

Il sistema della mobilità regionale evidenzia diversi limiti legati soprattutto alla mancanza di direttrici a grande capacità di traffico, capaci di connettere in maniera trasversale il territorio con la costa adriatica e tirrenica, carenze che facilmente possono portare alla riduzione della competitività economica regionale e quindi a penalizzare la crescita sociale delle comunità locali. Tale esigenza è stata resa esplicita attraverso la promozione da parte della Regione Umbria del "Patto per lo Sviluppo" (2002) sottoscritto insieme agli enti locali, alle parti economiche e sociali, all'interno del quale si riafferma l'urgenza di adeguare le infrastrutture per la mobilità e per la qualificazione territoriale.

Insieme al Servizio Infrastrutture per la Mobilità della Direzione Regionale Ambiente, Territorio e Infrastrutture della Regione Umbria si è scelto di utilizzare come caso di studio il progetto di completamento della Strada Statale 685 "delle Tre Valli Umbre" in quanto costituisce al momento uno dei più rilevanti progetti stradali totalmente ricadenti in ambito regionale. Il potenziamento di questa arteria è considerato di rilevanza cruciale per il trasporto regionale in quanto capace di migliorare i collegamenti tra Umbria, Marche e Lazio e riorganizzare gli accessi ad una città importante quale quella di Spoleto. Il percorso attuale della SS 685, inizia ad Arquata del Tronto (AP) e termina nei pressi di Spoleto (PG), in località Eggi.

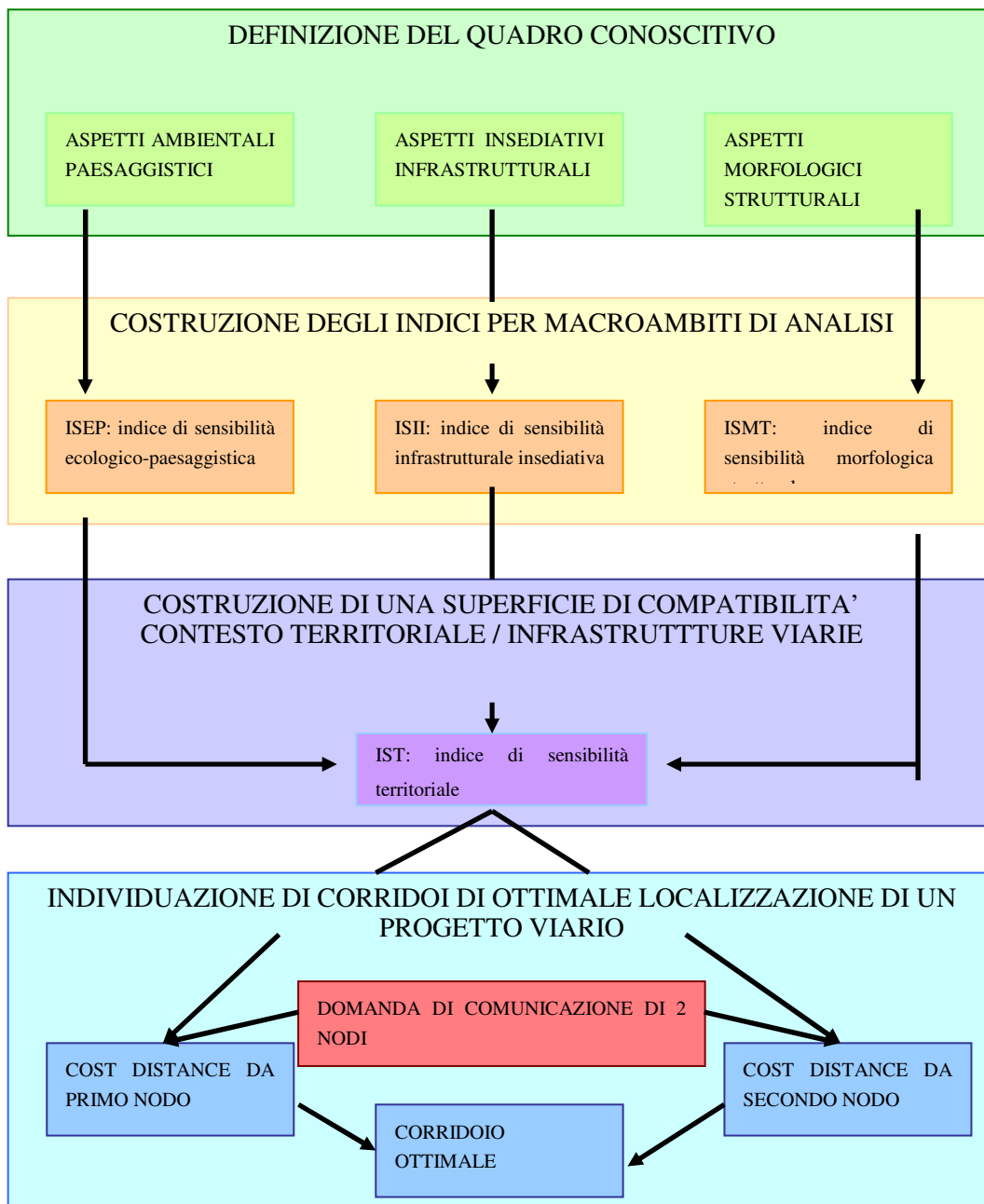
Il progetto prevede la costruzione di una strada a 2 corsie, unica carreggiata, tipo IV CNR, con evidente incremento della portata di traffico gestibile, con capisaldi le intersezioni con la SS3 Flaminia nei pressi di Beroide (Comune di Spoleto) e con la S.S. 3 bis Tiberina (E45) nei pressi di Acquasparta.

#### **Corridoi ottimali per la strada "delle tre valli umbre" SS685**

Come già evidenziato nella parte metodologica questa fase è orientata all'individuazione di un corridoio caratterizzato da una maggiore idoneità all'inserimento dell'infrastruttura viaria in esame e quindi da una minore sensibilità ecologica, morfologico-strutturale e socio-culturale. Il tracciato di progetto di completamento della SS 685 "delle Tre Valli Umbre" presenta come nodi le due località di Acquasparta e di Beroide (nei pressi di Spoleto). Da queste due località sono state costruite le accumulative cost distance impiegando il dataset relativo all'IST come cost surface. Tali superfici hanno permesso di quantificare i gradienti di impedenza in termini di IST, misurati a partire dalle due località, utilizzati per individuare il corridoio ottimale (a minor costo) di collegamento delle due località (least cost path). Tale corridoio è stato suddiviso in tre fasce di idoneità decrescente all'interno delle quali i valori cumulati di sensibilità territoriali restano molto contenuti. La fascia a più alta idoneità presenta solo il 10% della sua superficie con valori di IST alti, mentre per il 43,6% è caratterizzata da valori di IST bassi. In generale nelle tre fasce i valori di IST basso-medio basso raggiungono complessivamente circa il 60% della superficie considerata; mentre le aree a medio alta - alta sensibilità non arrivano al 25%. Il tracciato approvato dalle procedure convenzionali di valutazione (Valutazione d'Impatto Ambientale) rientra per il 71% della sua lunghezza (14,7 km su 20,5 km complessivi) all'interno della fascia a maggiore livello di idoneità (avente una soglia di tolleranza massima dello 0,25%), per il 26% (5,4km) è ricompreso nell'area ad idoneità media (soglia di tolleranza compresa tra lo 0,25% e lo 0,5%) e per il restante 2,1% (442 m) all'interno del corridoio a bassa idoneità (soglia di tolleranza compresa tra lo 0,5% e l'1%). Questi dati (l'intero tracciato di progetto è ricompreso all'interno delle aree definite dalla procedura localizzativa) confermano a pieno la capacità del modello di supportare le scelte d'intervento con indicazioni operative che non si fermano al livello della valutazione di scala vasta, sulla quale è stata concepita tutta la metodologia, ma si inquadrano in una dimensione in grado di considerare la grana fine della visione progettuale.

L'applicazione della metodologia ad un caso reale dimostra, da un lato, come l'intero percorso potrebbe rappresentare un ottimo contributo per i professionisti chiamati a realizzare Studi di Impatto Ambientale legati alla realizzazione di un nuovo tracciato offrendo indicazioni a scala vasta di corridoi all'interno dei quali collocare l'opera, d'altra parte può essere visto come uno strumento di supporto ai tecnici chiamati ad esprimere giudizi di opportunità tecnico-ambientale sulla costruzione di opere infrastrutturali (VIA).

Tale modello si è dimostrato una base di riferimento versatile che, in relazione al contesto di studio e alla disponibilità di informazioni, potrà essere ulteriormente ampliata, adattandola e integrandola alle esigenze del lavoro.



**Figura 4.1** Flow chart della metodologia messa a punto per l'ottimale localizzazione di infrastrutture viarie

---

## 4.2 Studio dei dinamismi faunistici su gruppi zoologici significativi nell'area SIC "Zuc dal Bor" (Val Alba) attraversata dalla rete metanodotto Snam Rete Gas Malborghetto-Bordano

MOLINARI P., MONTANARO G., DE BATTISTI R

### *Breve descrizione generale dell'area di indagine*

L'area di indagine si localizza nella parte medio alta della Val Alba, Comune di Moggio Udinese, interessata dall'attraversamento del metanodotto Snam Rete Gas Malborghetto -Bordano. La zona è attraversata dalla viabilità di servizio forestale che sale da Moggio Udinese attraverso la frazione di Pradis. Il monitoraggio riguarda sia un'area intensiva costituita dal tracciato del metanodotto avente una lunghezza di circa 2200 m e larghezza media di 40 m., sia un'area estensiva, molto più ampia, rappresentata dalla zona limitrofa al tracciato delimitata a est dalla catena montuosa Chiavals-Crete di Gleris lungo la quale si sviluppa il sentiero C.A.I. 425, a nord dalla Forcella Forchiadice, a ovest dal Monte Vualt e dal sentiero C.A.I. 425, a Sud e Sud-Est dal sentiero C.A.I. 450 e 428 fino la Bivacco Bianchi. La zona estensiva ha una superficie di circa 400 ha. La zona è servita dalla strada che dalla frazione di Pradis sale lungo le pendici del monte Masereit fino alla conca del Vualt. La zona in esame, interessata dall'attraversamento del metanodotto, ricade all'interno dell'area "SIC ZUC DAL BOR IT3320009" avente particolari caratteristiche che consentono il mantenimento di habitat naturali significativi e di interesse comunitario ed all'interno della *Riserva Naturale Regionale della Val Alba*". Il paesaggio si presenta molto selvaggio ed integro, caratterizzato da forme aspre e tondeggianti derivanti anche dalle azioni pregresse delle glaciazioni di cui costituisce un esempio significativo la conca del Vualt ed il terrazzo morenico di Riolada. I singoli fattori operanti (clima, geologia, pedologia, ecc.) rendono molto interessante la zona dal punto di vista ecologico per la presenza di un variegato mosaico di ambienti naturali con ghiaioni, rupi, formazioni arbustive e forestali che determinano la presenza di numerose specie vegetali ed animali. Il comprensorio della Val Alba si distingue dalle zone limitrofe del Canal del Ferro e Tarvisiano, per lo sviluppo prevalentemente longitudinale che favorisce l'ingresso di venti caldi meridionali nella valle. Questo comporta la presenza di un clima temperato umido con precipitazioni sempre abbondanti, in media tra i 1800-1900 mm/anno, estati fresche e piovose, inverni non eccessivamente rigidi (tranne annate eccezionali), regime pluviometrico con un massimo autunnale.

### *Materiali e metodi*

La prima fase del lavoro è consistita nella raccolta di informazioni pregresse, relativa a tutta l'area estensiva, mediante ricerche bibliografiche e interviste a cittadini "target" svolte mediante specifiche schede da compilare. Obiettivo è stato quello di raccogliere informazioni sulla presenza e abbondanza delle specie oggetto dell'indagine nell'area di studio prima dell'inizio dei lavori SnamReteGas. La risposta utilizzata nella valutazione dello status è stata quella che ha raggiunto la percentuale più alta tra gli intervistati. Tali risultati sono stati poi correlati ai nostri risultati ed attraverso un'analisi empirica ci ha consentito di individuare uno status dell'evoluzione faunistica nell'area.

Parallelamente alla fase orientativa e compilativa è iniziato il lavoro sul campo, effettuato con i classici metodi naturalistici. Concentrati in quattro fasi annuali (*una per stagione*), con diverse tecniche si sono rilevati tutti i possibili segni di presenza, diretti ed indiretti, delle specie oggetto di studio. Particolare attenzione è stata rivolta alle osservazioni dirette (*avvistamenti*), alle vocalizzazioni, alle tracce su neve, nonché agli escrementi che sono stati rilevati (*qualificati e quantificati*) secondo i metodi del "*pellet count*". Per quanto riguarda le tracce su neve e le fatte (escrementi) nell'area di indagine intensiva, per gli ungulati (*capriolo e cervo*) e le lepri (*indistintamente per le specie variabile e comune*) sono stati calcolati degli indici chilometrici di abbondanza relativa. Questi indici sono stati rilevati una volta per anno, rispettivamente in inverno per le tracce ed in tarda estate inizio autunno per le fatte. Sono stati percorsi dei transetti, sempre gli stessi, della lunghezza di 2.200 m.

Tutti i dati rilevati sono stati inseriti in apposite schede di rilevamento.

Nel corso di un periodo della durata di tre settimane nella stagione autunnale di ogni annata, è stata svolta una sessione di monitoraggio intensivo con l'ausilio di speciali trappole fotografiche all'infrarosso passivo. Per aumentare l'efficacia nella contattabilità degli animali da rilevare, a partire dal 2006 il monitoraggio è stato intensificato mediante il censimento notturno con l'ausilio di fari e di un visore notturno e mediante il rilevamento acustico delle vocalizzazioni notturne, con particolare riferimento agli uccelli rapaci notturni.



## Risultati

Nel complesso i lavori sono proseguiti in maniera più che soddisfacente consentendo di raccogliere interessanti e preziose informazioni. Per quanto riguarda il lavoro di campo, in questi cinque anni sono state effettuate 141 uscite per un totale di 1.537 ore lavorative suddivise tra le diverse persone coinvolte. In totale sono stati fatti oltre 2.000 avvistamenti (*osservazioni dirette*) di animali, di cui 954 relative alle specie direttamente indagate, raccolte 4.236 fatte (*escrementi*) e 1.360 tracce.

Anno	Capriolo	Cervo	Lepri
2004	79	6	44
2005	82	21	33
2006	101	43	21
2007	103	33	33
2008	78	50	19
2009	89	98	25

**Tabella 4.1** - *Indici chilometrici di abbondanza relativa - fatte.*

La somma di tutti i rilevamenti ha consentito ad oggi di accertare la presenza di: a) 10 specie di mammiferi - cervo, capriolo, camoscio, volpe, tasso, faina, martora, gatto selvatico, lepre comune, lepre variabile; b) 16 specie di uccelli - aquila reale, poiana, allocco, civetta caporosso, francolino, picchio nero, picchio rosso maggiore, il corvo imperiale, la cinciallegra, la cincia dal ciuffo, il fringuello, il verdone, il ciuffolotto, il crociere, il cardellino e la ghiandaia.

Mettendo insieme i dati raccolti dalle fototrappole con tutti gli altri segni di presenza raccolti e correlandoli allo sforzo di campionamento di questi tre anni, è possibile avanzare una prima e cauta ipotesi sul trend delle specie monitorate più frequentemente, ovvero il capriolo, il camoscio, il cervo, la volpe, il tasso, la faina e le lepri. Il paragone delle informazioni storiche sulla presenza faunistica in Val Alba rilevate mediante questionario con il nostro lavoro di monitoraggio indica chiaramente che per il capriolo ed in particolare il cervo vi è stato un notevole aumento. Il camoscio rimane sostanzialmente stabile, solo inizialmente dopo un suo periodo di abbondanza è tornato a calare. Costanti con lieve tendenza al calo le lepri, costanti anche i piccoli predatori.

## Discussione e conclusioni

Si presentano qui le conclusioni del quinquennio di rilevamenti che di fatto, considerato il ciclo biologico delle specie oggetto dell'indagine, non possono che essere preliminari in tal senso. I transetti delle fatte e delle tracce hanno indicato la frequenza e la continuità della presenza oltre che la determinazione delle specie presenti, ma non hanno potuto dare indicazioni sulla densità - per le quali è stato necessario limitarsi a informazioni di carattere empirico. Tuttavia per le specie principali, rilevate più frequentemente, è stato possibile - correlando lo sforzo di campionamento annuale con la quantità dei segni di presenza raccolti - calcolare un indice in grado di abbozzare un trend di abbondanza faunistica. Tale trend è tuttavia relativo ad un periodo di monitoraggio limitato a cinque anni. Certamente alla fine di un secondo quinquennio, per un totale quindi di 10 anni di indagine, si potrebbe individuare un trend ancora più attendibile per specie così longeve e con tale ciclo di popolazione.

Gli esiti del presente monitoraggio quinquennale sembrano dimostrare che sostanzialmente le modificazioni ambientali provocate dai lavori non solo non hanno (per le specie rilevate e oggetto dell'indagine), peggiorato la situazione ma, anzi, hanno migliorato la situazione generale. Gli ambienti di pascolo e di margine ricreati assomigliano di più ad una situazione originaria in cui nell'area erano diffusi i prati e pascoli, prima di venir ricolonizzati dal bosco o di venir convertiti selvicolturalmente in boschi di conifera. Offrono pertanto maggiore biomassa e più spazio per un più alto grado di biodiversità. Resta negativo invece l'impatto provocato dall'esistenza di una strada di servizio forestale che induce alla maggior accessibilità dell'uomo ad aree prima poco o per nulla frequentate, in particolare nel periodo invernale quando anche in condizioni di forte innevamento la strada rimane sempre aperta. Anche un primo confronto con le informazioni pregresse raccolte lascia intendere che le specie e la relativa abbondanza, rilevate nel corso di questo studio, corrispondano allo status ed al trend percepito dagli "esperti" locali intervistati.

Confrontando le diverse tecniche di rilevamento utilizzate (*fari, visori notturni, osservazioni dirette, pellet count, fototrappolaggio*) si nota che esse danno sostanzialmente le stesse risposte, avvalorando pertanto l'attendibilità generale dei risultati. Le informazioni raccolte nel presente lavoro dimostrano che oggi, nell'area di studio, la situazione delle popolazioni degli ungulati è notevolmente migliorata e

---

sicuramente le consistenze sono superiori a quelle un tempo stimate per l'intera vallata. Fa piacere quindi poter comunicare l'aumento della presenza del capriolo nell'area di indagine intensiva, fattore che indica un positivo evolversi della situazione ambientale creatasi a seguito dei lavori svolti. Sempre più frequenti anche gli avvistamenti di cervo che ha avuto un trend molto positivo con un rapido e costante aumento. La presenza dei tipici braghi (*pozze di fango in cui i cervi si rotolano*) rilevati ed il fatto che il cervo da due anni ormai sia presente in area anche nella stagione del bramito dimostra invece che la specie è oggi da considerarsi stanziale e quindi stabilmente infeudata nell'area. Certo, va considerato che il trend rilevato per i due cervidi grosso modo corrisponde ad un trend valido per tutto il territorio regionale e che quindi non si possa necessariamente ascrivere ai lavori di ripristino lo sviluppo positivo; è tuttavia un buon segno e soprattutto sottolinea che a distanza di 6 anni dai lavori l'area è completamente sanata anche sotto il profilo faunistico. Purtroppo dobbiamo confermare, contestualmente all'area di indagine estensiva, la diminuzione del camoscio, già rilevato nelle annate scorse. Le ragioni di ciò rimangono le stesse sollevate nei rapporti precedenti, ovvero la presenza epidemica della *rogna sarcoptica* anche se, tenendo in considerazione le indiscrezioni di alcuni abitanti locali, anche il bracconaggio potrebbe avere una seria influenza. Per quanto riguarda le due specie oggetto di maggiore attenzione l'orso bruno e la lince - come del resto previsto - non è stato possibile raccogliere dati in merito. Visto il loro comportamento spaziale e la grandezza dei loro territori (*home range*) ed il livello di sforzo possibile in questa ricerca, anche per il futuro risulterà difficile rilevarli - senza peraltro poterlo escludere. Merita tuttavia ricordare tre casi aneddotici relativi alla presenza di queste specie in zona. Nel 2007 e nel 2008 rispettivamente sono stati segnalati 2 avvistamenti di lince in aree limitrofe all'area di studio e nel maggio del 2009 è stato avvistato da più persone un orso e soli pochi metri dal confine esterno dell'area di studio. Non ci sono quindi ragioni per non credere che sia il felide che il plantigrado abbiano fatto visita in questa zona, anche se non è stato possibile documentarlo. Insieme alle nozioni raccolte sulle altre specie si possono tuttavia trarre conclusioni significative anche in relazione a queste due specie particolarmente rare ed elusive.

---

## 5. BIBLIOGRAFIA

### 5.1 BIBLIOGRAFIA SPECIFICA

#### **- Classificazione degli habitat**

Lapresa A. et al., 2004. *Gli habitat secondo la nomenclatura EUNIS: manuale di classificazione per la realtà italiana* – APAT Rapporti 39/2004

#### **- Conoscenze naturalistiche**

Blasi C., 2003. Conoscenze naturalistiche in Italia (banca dati della flora d'Italia, carte della vegetazione, checklist e distribuzione della fauna, biocenosi marine costiere, habitat prioritari, aree protette, rete ecologica, territoriale, ecc.)

Blasi C. et al., 2004. *Atti del Convegno "La conoscenza botanica e zoologica in Italia: dagli inventari al monitoraggio"*

D'Antoni S. et al., 2003, *Fauna Italiana inclusa nella Direttiva Habitat*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio *Rete ecologica nazionale*

#### Distribuzione di vertebrati terrestri

De Marinis A. M., Spagnesi M., 2002. *Mammiferi d'Italia* - Quaderni di Conservazione della Natura, numero 14

Meschini E., Frugis S., 1993. *Atlante degli uccelli nidificanti in Italia*.

Macchio S. et al., 1999. *Atlante della distribuzione geografica e stagionale degli uccelli inanellati in Italia*

Spagnesi M., Serra L., 2003. *Uccelli d'Italia*, Quaderni di Conservazione della Natura, numero 21 e 22  
Societas Herpetologica Italica, 1996. *Atlante provvisorio degli anfibi e dei rettili italiani*

#### Specie di vertebrati minacciati

La Posta S., 1999. *Repertorio della fauna Italiana protetta (completo della legislazione nazionale e internazionale)*

Bulgarini F. et al., 1998. *Libro rosso degli animali d'Italia. Vertebrati*

LIPU, WWF, 1999. *Lista Rossa degli uccelli nidificanti in Italia*

#### Aree di interesse naturalistico

Beltran e Delbaere, 1999. Siti per la conservazione della natura designati con strumenti internazionali.

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 2004. Aree protette.

Apollonio et al., 2004. Tipologie dei siti Natura 2000 in Italia.

Blasi et al., 2004. Censimento degli habitat prioritari e la Rete Natura 2000 in Italia.

Genghini e Spagnesi, 1997. Aree protette di interesse faunistico.

Gariboldi et al., 2000. Aree importanti per l'avifauna in Italia (Progetto IBA).

#### **- Continuità ambientale e frammentazione habitat**

Battisti C., Contoli L., 1997. Sulla componente di ricchezza nella biodiversità avifaunistica in Italia, peninsularità ed insularità, *Rivista Italiana di Ornitologia*, 67 (2), Milano.

Blasi C., 1999. L'analisi della connettività e della frammentazione nella definizione dei corridoi ecologici in ambiente urbano e perturbano, ANPA, Università di Catania, Reti e corridoi ecologici per gli interventi di conservazione e salvaguardia della natura in ambiente urbano e suburbano, 1-3 ottobre 1999.

Di Fidio M., 1999. Teoria e prassi delle reti ecologiche, dall'isolamento all'integrazione della difesa della natura, Seminario di studio: Le reti ecologiche, strategie di equipaggiamento paesistico e miglioramento ambientale, Università di Firenze.

Guccione M., 1997. Ridefinizione degli strumenti di pianificazione e tutela della naturalità diffusa del territorio, le iniziative ANPA sulle reti ecologiche in Workshop "Governo sostenibile del territorio e conservazione della natura in relazione agli strumenti di pianificazione in Europa", Roma.

#### **- Sviluppo sostenibile**

ANPA, 2000. Linee guida per le Agende 21 locali.

Bresso M., 1995. Sviluppo sostenibile in G. Gamba, G. Martignetti, *Dizionario dell'ambiente*, Isedi.

Forman R.T. & Hersperger A.M., 1997. *Ecologia del paesaggio e pianificazione, una potente combinazione in Urbanistica*, 108, INU, Roma.

---

Fusco Girard L., Nijkamp P., 1999. Le valutazioni per lo sviluppo sostenibile della città e del territorio, Franco Angeli Editore  
Heinrich Böll Foundation, 2002. *The Jo'burg-Memo: il memorandum di Johannesburg per il summit mondiale sullo sviluppo sostenibile. Ecologia: un nuovo colore della giustizia*, Editrice Missionaria Italiana, Bologna.

#### **- Pianificazione territoriale**

Amministrazione Provinciale di Siena, 1997. PTCP, Piano territoriale Provinciale, Assessorato alla Pianificazione Territoriale e al Servizio Informativo e Statistico, Siena.  
Magnaghi A., 1995. Progettare e pianificare il territorio, un contributo alla questione ambientale, Urbanistica 104, INU, Roma;  
Pungetti G., Romano B., 1999. Planning the future landscapes between culture and nature, Symposium Ecological Network, IALE 99, Colorado, USA.  
Ziparo A., 1995. Il piano ambientale in urbanistica, Urbanistica n. 104, INU, Roma.  
Alexander E.R., 1997. Introduzione alla pianificazione. Teorie, concetti e problemi attuali, Clean Edizioni.  
Bresso M., Russo R., Zeppetella A., 1985. Analisi dei progetti e valutazione di impatto ambientale. Aspetti economici e territoriali, Franco Angeli.  
Dal Sasso P., 2001. Il Paesaggio e l'ambiente nella pianificazione del territorio rurale, Ed. Grenzi (FG).  
Farina A., 2001. Ecologia del Paesaggio, principi, metodi e applicazioni, Utet.  
Forman R.T.T., Godron M., 1986. Landscape ecology, J.Wiley&Sons.

#### **- Sistemi informativi geografici**

Bailey K., 2003. AMIS: Development and Application of a GIS/Multicriteria Corridor Evaluation Methodology, Map Asia Conference 2003.  
Di Fazio S., Barreca F., Modica G., 2004. A GIS-based decision support system for the sustainable management of grazing in protected areas in Proceedings of the CIGR 2nd Technical Section International Seminar on "New Trends In Farm Buildings", Évora, Portugal.  
Di Ludovico D., Romano B., 2000. The evaluation of environmental fragmentation using GIS techniques, PLANECO Newsletter n.5, Università dell'Aquila, DAU.  
Grimaldi R. (a cura di), 1983. La cartografia e i sistemi informativi per il governo del territorio. Franco Angeli, Milano.  
Poletti A., 2001. Gis, metodi e strumenti per un nuovo governo della città e del territorio. Maggioli.  
Prasada Rao I., Kangadurai B., Jain P.K., Neelam Jain, 2003. Information system for rural road network planning - a case study, Map India Conference 2003, GISdevelopment.net.  
Toccolini A., 1998. Analisi e pianificazione dei sistemi agro-forestali mediante GIS. Collana Sistema Agricolo Italiano, Progetto Finalizzato RAISA-CNR, Franco Angeli.

#### **- Ecologia del paesaggio e pianificazione spazi aperti**

Barrett G.W., Bohlen P.J., 1991. Landscape ecology in Hudson W.E. (edited by), Landscape linkages and biodiversity, Island Press.  
Clementi A. (a cura di), 2002. Interpretazioni di paesaggio Convenzione Europea e innovazioni di metodo. Meltemi Editore, Roma.  
Colantonio Venturelli R. e Galli A., 2005. *La Convenzione Europea del Paesaggio e la gestione delle aree metropolitane e degli spazi rurali di riequilibrio* in AA.VV., La cultura del paesaggio: le sue origini, la situazione attuale e le prospettive. Leo Olschki Editore, Firenze.  
Ingegnoli V., 1993. Fondamenti di ecologia del paesaggio, Milano.

#### **- Impatto ambientale e infrastrutture viarie nel paesaggio**

Dufek J., 2002. Evaluation of present transport infrastructure from the viewpoint of the land use, landscape morphology and fragmentation impact. 8° IENE meeting – session of presentations, Praia da Falésia – Algarve, Portogallo.  
Fiacchini, D., 2002, Infrastrutture viarie e fauna selvatica. Estimo e Territorio.  
Trocme, M., Cahill, S., de Vries, J.G., Farrall, H., Folkson, L.G., Hichks, C. and Peymen, J. (eds), 2003. COST 341 - Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure: The European Review. Office for official publications of the European Communities, Luxembourg.

#### **- Allocazione di infrastrutture viarie nel paesaggio**

---

Department of Transport (DoT), 1993. Design Manual for Roads and Bridges. HMSO, London.  
Dinetti M., 2000. Infrastrutture Ecologiche. Manuale pratico per progettare e costruire le opere urbane ed extraurbane nel rispetto della conservazione della biodiversità. Il Verde Editoriale, Milano.

## 5.2 Bibliografia consultata

- Alessandrini A., Ottolini E., Rossi P., 2003. Bilanci e prospettive. *Acer*, 6: 33-35.
- AA.VV., 2003. International Conference on Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure and Presentation of COST action 341 products. Conference map. (Bruxelles 13-15 novembre 2003).
- AA.VV., 2004. Abstract Convegno "Infrastrutture viarie e biodiversità. Impatti ambientali e soluzioni di mitigazione" (Pisa, 25 novembre 2004). LIPU, Parma.
- APAT (Agenzia Protezione Ambiente e per i Servizi Tecnici), 2003. Gestione delle aree di collegamento ecologico-funzionale. Indirizzi e modalità operative per l'adeguamento degli strumenti di pianificazione del territorio in funzione della costruzione di reti ecologiche a scala locale. Vol. 26, Manuali e linee guida APAT.
- Apollonio M., Baldaccini N.E., Blasi C., Bulgarini F., Celada C., Cerfolli F., Cerra M., Corona P.M., Dell'Anna L., Feoli E., Gatto M., Guida C., La Posta A., Maggiore A.M., Manes F., Marchetti M., Morabito A., Paris G., Renzi F., Rizzi V., Rossi R., Rubino T., Solinas M. e N. Tartaglini, 2004. La gestione dei siti Natura 2000 in Italia: linee guida e orientamenti gestionali. In: Blasi C., D'Antoni S., Dupré E. e A. La Posta (eds.). Atti del Convegno "La conoscenza botanica e zoologica in Italia: dagli inventari al monitoraggio". Quaderni di Conservazione della Natura 18. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica, pp. 213-224.
- Bacci M., 2004. Rete ecologica e viabilità. In "Verso una rete ecologica. Modelli ed esperienze per la costruzione della rete ecologica in Italia". Servizi Editoriali WWF Italia. Roma.
- Battisti C., Romano B., 2007. Frammentazione e connettività: dall'analisi ecologica alla pianificazione ambientale, p. 465, Città Studi Ed., Milano
- Bekker G.J., 1995. Handreiking maatregelen voor de fauna langs weg en water. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Utrecht.
- Belfiori D., Ferroni F., Guidotti G., 2004. Verso una Rete Ecologica Regionale: modelli per un progetto di rete ecologica nelle Marche. Assessorato Ambiente della Regione Marche, Associazione Italiana per il WWF for Nature - Onlus. Roma.
- Beltran J. e B. Delbaere, 1999. Nature conservation sites designated in application of international instruments at pan-European level. *Nature and environment* No. 95. Council of Europe Publishing, Strasbourg.
- Bickmore C., 2003. Code of practice for the introduction of biological and landscape diversity considerations into the transport sector. *Nature and environment* No. 131. Council of Europe Publishing, Strasbourg.
- Blasi C. (ed.), 2003. Conoscenze naturalistiche in Italia. Direzione per la Conservazione della Natura, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Roma.
- Blasi C., D'Antoni S., Dupré E. e A. La Posta (eds.), 2004a. Atti del Convegno "La conoscenza botanica e zoologica in Italia: dagli inventari al monitoraggio". Quaderni di Conservazione della Natura 18. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica.
- Blasi C., Marchetti M., Di Marzio P. e N. Tartaglini, 2004b. Il censimento degli habitat prioritari e la rete Natura 2000 in Italia. In: Blasi C., D'Antoni S., Dupré E. e A. La Posta (eds.). Atti del Convegno "La conoscenza botanica e zoologica in Italia: dagli inventari al monitoraggio". Quaderni di Conservazione della Natura 18. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica, pp. 199-211.
- Boitani L., Falcucci A., Maiorano L., Montemaggiori A., 2002. Rete ecologica nazionale. Il ruolo delle aree protette nella Conservazione dei Vertebrati. Ministero dell'Ambiente, Università di Roma "La Sapienza".
- Boitani L., Falcucci A., Maiorano L., Montemaggiori A., 2003. Italian ecological network: the role of the protected areas in the conservation of vertebrates. Animal and Human Biology Department, University of Rome "La Sapienza", Nature Conservation Directorate of the Italian Ministry of Environment, Institute of Applied Ecology, Rome.
- Bologna M.A., Carpaneto G.M., Cignini B., 1998. Atti del 1° Convegno Nazionale sulla Fauna Urbana. Roma, 12 aprile 1997. Fratelli Palombi editori.

- 
- Boriani M.L. e A.L. Monti, 2005. Fasce di ambientazione e corridoi ecologici per mitigare l'impatto delle strade e favorire la biodiversità. *Il Divulgatore* 28 (6). Provincia di Bologna.
- Brandt J., 1995. Ecological networks in Danish planning. *Landschap*, 12: 63-76.
- Bulgarini F., Calvario E., Fraticelli F., Petretti F. e S. Sarrocco (eds.), 1998. Libro rosso degli animali d'Italia. Vertebrati. WWF Italia, Roma.
- Bullini L., Contoli L., Sbordoni V., Vigna Taglianti A., 1980. Specie animali in pericolo e pianificazione del territorio. Atti Convegno CNR "Provvedimenti per le specie animali italiane in pericolo". Roma, 1-2.7.1976: 18-28.
- Burkhardt R., Jaeger U., Rothemburger A., Mirbach E., Schwab G., 1996. Planning habitat networks in Rheinland-Pfalz, Germany. In: Nowicki P., Bennett G., Middleton D., Rientjes S., Wolters R. (Eds.), *Perspectives on ecological networks*, European Centre for Nature Conservation, ECNC, I, NL.
- Carpaneto G.M., Bologna M.A. e R. Scalera, 2004. Towards guidelines for monitoring threatened species of amphibians and reptiles in Italy. *Italian Journal of Zoology* 71 Suppl. 1: 175-183.
- Carsignol J., 1999. The wildlife problem in motorway project development, construction and operation. CETE de l'Est, Metz.
- Castelnovi P., 1997. Gli studi e le ricerche. In: Regione Valle d'Aosta, Piano Territoriale Paesistico, Urbanistica Quaderni, n.14, INU, Roma.
- Cavalchi B., Pungetti G. (Eds.), 2000. Verso la realizzazione di reti ecologiche in aree rurali, ARPA Emilia Romagna, Bologna.
- Cignini B., Zapparoli M., 1996a. Atlante degli uccelli nidificanti a Roma. F.lli Palombi Editore, Roma, 126 pp.
- Contoli L., 1981. Approcci ecologici per la tutela della fauna mediante aree protette. In: Cox J., Kautz R., MacLaughlin M. e T. Gilbert, 1994. Closing the gaps in Florida's wildlife habitat conservation system. Florida Game and Fresh Water Fish Commission, Tallahassee.
- Curzydło J., 1999. International Seminar Ecological passes for wildlife and roadside afforestation as necessary parts of modern road constructions (motorways and railways roads). Kraków (7-10 settembre 1999). Katedra Ekologicznych Podstaw Inżynierii, Krakowie.
- D'Antoni S., Dupré E., La Posta S. e P. Verucci (eds.), 2003. Fauna Italiana inclusa nella Direttiva Habitat. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Roma.
- Dawson D., 2005. Making connections. *Urbio* 8: 6-7.
- De Bernardi P., Graziano L., a cura di, "Fasce verdi polifunzionali delle autostrade", 2002, ARPA, Torino
- De Bernardi P., a cura di, "Metodologia di analisi delle criticità ambientali e paesistiche indotte dalle linee elettriche", 2006 in corso di edizione per ARPA PIEMONTE, Torino
- De Blust G., Kuijken E., 1996. The Green Main Structure for Flanders. In: Nowicki P., Bennett G., Middleton D., Rientjes S., Wolters R. (Eds.), *Perspectives on ecological networks*, European Centre for Nature Conservation, ECNC, I, NL: 61-69.
- de la Guerra M.M., de Lucio Fernandez J.V., Martinez Alandi C., Sastre Olmos P., Atauri-Mezquida J.A., del Olmo C.M., 2002. Territorial integration of natural protected areas and ecological connectivity within Mediterranean landscapes, Junta de Andalucía, España.
- de Sadeleer N., Fauconnier J.-M., Kurtstjens G., Berthoud G. e R.J. Cooper, 2003. Studies on transport and biological and landscape diversity. *Nature and environment* No. 132. Council of Europe Publishing, Strasbourg.
- Di Giovine M., 1999. I corridoi biologici nell'area di Roma, La via Appia corridoio per l'ingresso di elementi naturali nel centro urbano. Atti del Workshop ANPA-ARPA Piemonte, Paesaggi rurali di domani, CEDAP, Torino.
- Dinetti M. (ed.), 2005. Atti del Convegno "Infrastrutture viarie e biodiversità. Impatti ambientali e soluzioni di mitigazione". Pisa, 25 Novembre 2004. Provincia di Pisa e LIPU. Stylgrafica Cascinese, Cascina (PI).
- Dinetti M. e M. Fraissinet, 2001. Ornitologia urbana. Calderini-Edagricole, Bologna.
- Dinetti M., 2000. Infrastrutture ecologiche. Il Verde Editoriale, Milano.
- Dinetti M., 2002. Strade e fauna selvatica: come migliorare la sicurezza. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e LIPU. Bandecchi e Vivaldi, Pontedera (PI).
- Dinetti M., 2005. Infrastrutture e biodiversità: iniziative italiane e progetto europeo COST Action 341. *Regioni&Ambiente* 6 (2): 62-64.
- Directorate for Nature Management, 1994. Roads and Nature. Norwegian Public Road Administration Handbooks N. 192, Oslo.
- Donnelly R.E. e J.M. Marzluff, 2004. Designing research to advance the management of birds in urbanizing areas. In: Shaw W.W., Harris L.K. e L. VanDruff (eds.). *Proceedings of the 4<sup>th</sup>*
-

- 
- International Symposium on Urban Wildlife Conservation. The University of Arizona, Tucson, pp. 114-122.
- Dumont A.-G., Schneider S. e M. Tille, 1999. Conférence Faune et Trafics. Proceedings. LAVOC, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne.
- EEA, 2000. Are we moving in the right direction? Indicators on transport and environment integration in the EU. TERM 2000. Environmental issues series No. 12. European Environment Agency, Copenhagen.
- Erba V., Di Marino M., 2010. Reti ecologiche e pianificazione urbanistica: programmi e strumenti a Montreal, Milano e Roma. *Urbanistica*, 14: 71-78.
- Erickson D.L., 2004. Connecting corridors: implementing metropolitan greenway networks in North America. In: Jongman R.H., Pungetti G. (Eds.), *Ecological Networks and Greenways: Concept, Design and Implementation*, Cambridge University Press, UK: 200-221.
- Farrell M.C., 2003. Using a geographical information system to evaluate contribution factors to deer-vehicle collisions. In: Fagerstone K.A. e G.W. Witmer (eds.). *Proceedings of the 10<sup>th</sup> Wildlife Damage Management Conference*, p. 427.
- Ferguson H.L., Robinette K. e M. Stevenson, 2004. Searching for the best science available: a method for identifying a corridor-open space system for land use planning. In: Shaw W.W., Harris L.K. e L. VanDruff (eds.). *Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Symposium on Urban Wildlife Conservation*. The University of Arizona, Tucson, pp. 347-356.
- Ferroni F., Filpa A., Romano B., 2006. Le opere della legge obiettivo versus aree protette, reti ecologiche e conservazione ecoregionale: elementi per un bilancio. In: Aa.Vv. (Eds.), *La cattiva strada, la prima ricerca sulla legge obiettivo, dal ponte sullo Stretto alla TAV*. WWF: 43-62.
- Filpa A, Romano B., 2003. Pianificazione e reti ecologiche, Planeco. Gangemi Ed., Roma.
- Forman R.T.T. (ed.), 2003. *Road ecology. Science and solutions*. Island Press, Washington.
- Forman R.T.T., Sperling D., Bissonette J.A., 2002. *Road Ecology. Science and Solutions*. Island Press.
- Freeman C. e O. Buck, 2003. Development of an ecological mapping methodology for urban areas in New Zealand. *Landscape and Urban Planning* 63: 161-173.
- Gambino R. (Ed.), 2003a. *APE Appennino Parco d'Europa*, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Alinea Ed.
- Gambino R., 2004. Tra Durban e Bangkok un contributo dell'Italia, *Parchi*, 41: 24-39.
- Gariboldi A., Rizzi V. e F. Casale (eds.), 2000. *Aree importanti per l'avifauna in Italia*. LIPU, Parma.
- Genghini M. e M. Spagnesi, 1997. *Le aree protette di interesse faunistico in Italia*. Ricerche di Biologia della Selvaggina 100.
- Gobster P.H., 1995. Perception and use of a metropolitan greenway system for recreation. *Landscape and Urban Planning*, 33: 401-414.
- Hagood S. e M. Trocme, 2003. The impact of highways on wildlife and the environment: a review of recent progress in reducing roadkill. In: Salem D.L. e A.N. Rowan (eds.). *The state of animals II 2003*. Humane Society Press, Washington, pp. 131-148.
- Huijser M.P., 2000. *Life on the edge. Hedgehog traffic victims and mitigation strategies in an anthropogenic landscape*. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen.
- IUCN, 2005. *Benefit Beyond Boundaries*, Proceedings of the Vth IUCN World Parks Congress. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK,
- Iuell B. (ed.), 2003. *Wildlife and Traffic: A European Handbook for identifying conflicts and designing solutions*. Office for official publications of the European Communities, Luxembourg.
- Iuell B., Bekker G.J., Cuperus R., Dufek J., Fry G., Hicks C., Hlaváč V., Keller V., Rosell C., Sangwine T., Tørsløv N., Wandall le Maire B. (eds.), 2003. *COST 341 Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure. Wildlife and Traffic: a European Handbook for identifying conflicts and designing solutions*. KNNV Publishers.
- Jacobi Jayne & Company, 2004. *Wild birds news*. Jacobi Jayne & Company, Canterbury.
- Jongman R.H.G., 1995. Nature conservation planning in Europe, developing ecological networks. *Landscape and Urban Planning*, 32 (3): 169-183.
- Jongman R.H.G., 1998a. Ecological corridors in Europe. *PLANECO newsletter*, 1: 2-4.
- KARCH, 1996. *Anfibi e sistemi di condotta delle acque reflue*. Canton Argovia, Dipartimento delle costruzioni, Aarau e Baden.
- Keeley B.W. e M.D. Tuttle, 1999. *Bats in American bridges*. Bat Conservation International Inc., Austin.
- Kleyer M., 1994. Habitat network schemes in Stuttgart. In: Cook E.A., Van Lier H.N. (Eds.), *Landscape planning and ecological network*. Elsevier, Amsterdam.
-

- 
- Kuijken E., 2003. The restoration of sites and ecological corridors in the framework of building up the Pan-European Ecological Network, with examples of best practices from European countries. Nature and environment No. 135. Council of Europe Publishing, Strasbourg.
- La Posta S., 1999. Repertorio della fauna Italiana protetta. Servizio Conservazione della Natura, Ministero dell' Ambiente, Roma.
- Lapresa A., Angelini P. e I. Festari, 2004. Gli habitat secondo la nomenclatura Eunis: manuale di classificazione per la realtà italiana. Rapporti 39. APAT, Roma.
- LIPU & WWF, 1999. Nuova Lista Rossa degli uccelli nidificanti in Italia. Rivista italiana di Ornitologia 69 (1): 3-43.
- Liro A. (Ed.), 1995. National Ecological Network Eeconet-Poland, IUCN Poland.
- Little C.E., 1990, Greenways for America, The J.Hopkins University Press, Baltimore
- Livingston M., Shaw W.W. e L.K. Harris, 2003. A model for assessing wildlife habitats in urban landscapes of eastern Pima County, Arizona (USA). Landscape and Urban Planning 64: 131-144.
- Macchio S., Messineo A., Licheri D. e F. Spina, 1999. Atlante della distribuzione geografica e stagionale degli uccelli inanellati in Italia negli anni 1980-1994. Biologia e Conservazione della Fauna 103.
- Malcevschi S., 1999. La rete ecologica della provincia di Milano, Quaderni del Piano per l' Area Metropolitana Milanese, n. 4, Provincia di Milano, Franco Angeli Ed., Milano.
- Malcevschi S., 2010. Reti ecologiche polivalenti. Il Verde editoriale, Milano
- Malcevschi S., Bisogni L.G. e A. Gariboldi, 1996. Reti ecologiche ed interventi di miglioramento ambientale. Il Verde Editoriale, Milano.
- Mallarach J.M., 1998. Un esbós d'avaluació comprensiva del Pla d'espais d'interès natural de Catalunya. In: Pintó J, Vila J. (Eds.), El Pein, cinc anys després: balanç i perspectives, Col·leció Diversitas, 4, Universitat de Girona, 51-66.
- Mander Ü., Palang H., Jagomägi J., 1995. Ecological networks in Estonia. Impact of landscape change. *Landschap*, 12: 27-38.
- Manni A., 2000. L'incidentalità da fauna in Provincia di Modena: aspetti amministrativi, di pianificazione e tecnici. Convegno e Tavolo Aperto Fauna & Viabilità (Modena, 5 maggio 2000). Dattiloscritto, 10 pp.
- Meschini E. e S. Frugis (eds.), 1993. Atlante degli uccelli nidificanti in Italia. Supplemento alle Ricerche di Biologia della Selvaggina 20.
- Ministero dell' Ambiente e della Tutela del Territorio, senza data. Rete ecologica nazionale. Un approccio alla Conservazione dei Vertebrati Italiani. Direzione per la Conservazione della Natura. CD-Rom.
- Ministry for the Environment and Territory of Italy, 2004. Map of protected areas registered in the official list. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- Montseny y Domenech A., 1999. L'anella Verda, una proposta de planificació i gestió dels espais naturals de la regió metropolitana de Barcelona, Area, 6, Diputació de Barcelona.
- Mori C., 2001. Le aree di riequilibrio ecologico, Regione Emilia Romagna, Bologna.
- Muller S. e G. Berthoud, 1996. Fauna/Traffic safety. Manual for civil engineers. Département de génie civil (LAVOC), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne.
- OFEFP, Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage, 2004. Réseau Ecologique National Ren, Rapport final. Cahier de l'Environnement, n° 373, Berne.
- Oggier P., Righetti A. e L. Bonnard (eds.), 2001. Zerschneidung von Lebensräumen durch Verkehrsinfrastrukturen COST 341. Schriftenreihe Umwelt Nr. 332. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bundesamt für Raumentwicklung, Bundesamt für Verkehr, Bundesamt für Strassen, Bern.
- Orsomando, E., Ragni, B., Segatori, R., 2004. Siti Natura 2000 in Umbria. Regione dell' Umbria, Perugia.
- Ottolini E., Rossi P., 2002. Conoscere e realizzare le reti ecologiche. Istituto per i beni artistici, culturali e naturali della Regione Emilia Romagna, Bologna.
- Piepers A.A.G., 2001. Infrastructure and nature; fragmentation and defragmentation. Dutch State of the Art Report for COST activity 341. Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Delft.
- Pignatti S., 1998. L'ecosistema urbano. Atti 1° Convegno sulla fauna urbana. Roma, 12 aprile 1997: 15-20.
- Pungetti G., 1998. Initiatives on ecological networks in Europe, UK Workshop on Ecological Networks "From biogeographical Zonation to Habitat Restoration: Case Studies in great Britain, Netherlands, Italy", Edimburgh & Melrose, 2-3.7.1998.



- 
- Pungetti G., 2001. Politiche e progetti europei per le reti ecologiche. Centro Studi V. Giacomini, 2001. Uomini e Parchi oggi. Reti ecologiche. Quaderni di Gargnano: 145-153.
- Regione Piemonte, 2005, Fauna selvatica ed infrastrutture lineari. Indicazioni per la progettazione di misure di mitigazione degli impatti delle infrastrutture lineari di trasporto sulla fauna selvatica
- Rodts J., Holsbeek L. e S. Muyltermans, 1998. Dieren onder onze wielen. Fauna en wegverkeer. Vubpress, Bruxelles.
- Romano B., 2000. Continuità ambientale, pianificare per il riassetto ecologico del territorio, p. 240 (monografia), Ed. Andromeda, Teramo
- Romano B., 2002. Evaluation of urban fragmentation in the ecosystems, Proceedings of International Conference on Mountain Environment and Development (ICMED), ottobre 15-19 2002, Chengdu, China.
- Romano B., 2003. In Sud Africa il Quarto Congresso Mondiale sulle Aree Protette. De Rerum Naturae, Cogecstre Ed., Pescara, dicembre 2003.
- Romano B., Ciabò S., 2010. Urban Development and Ecosystem Control. In: Conti F., Pietrobelli E. (Eds.), Nature Management in Urban Environments, Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, p.155-169.
- Romano B., Ciabò S., Fabrizio M., 2009. Il profilo di occlusione ecosistemica: un metodo di analisi della barriera ecologiche costituite dalle infrastrutture di trasporto. Estimo e Territorio, LXXII (5): 35-45
- Romano B., Paolinelli G., 2007. L'interferenza insediativa nelle strutture ecosistemiche, modelli per la rete ecologica del Veneto. Gangemi Ed., Roma.
- Rosell Pagès C. e J.M. Velasco Rivas, 1999. Manual de prevenció i correcció dels impactes de les infraestructures viàries sobre la fauna. Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient.
- Sabo P., Koren M., Steffek J., Ruzickova J., Koren M., Kramarik J., Magloki S., Straka P., 1996. The Slovak approach to ecological networks. In: Nowicki P., Bennett G., Middleton D., Rientjes S., Wolters R. (Eds.), Perspectives on ecological networks, European Centre for Nature Conservation, ECNC, I, NL: 31-47.
- Santolini R., 2007, a cura di, Linee Guida: Qualità dell'ambiente, Tutela dell'avifauna, Affidabilità del servizio elettrico
- Scoccianti C., 2001. I tombini, i pozzetti stradali, le cisterne e altre infrastrutture come causa di caduta, intrappolamento e morte della fauna minore nelle campagne e nella periferia delle città. L'esempio di alcune popolazioni di anfibi in un'area della Piana Fiorentina: azioni di salvaguardia e tecniche di prevenzione. Rivista di Idrobiologia 40 (1): 187-197.
- Scoccianti C., 2006. Ricostruire le reti ecologiche nelle pianure. Strategie e tecniche per progettare nuove zone umide nelle casse di espansione. Dieci interventi a confronto nel bacino dell'Arno. Autorità di Bacino del Fiume Arno, Vanzi s.r.l., Colle di Val d'Elsa, Siena.
- Segatori R., 2006. La progettazione di una rete ecologica regionale e le relazioni con il governo del territorio: la rete ecologica della regione Umbria. In: WWF, UPI, Atti del Convegno Nazionale Conservazione Ecoregionale, Reti Ecologiche e Governo del Territorio, 9/10.6.2005, Riserva Naturale Statale Abbadia di Fiastra, Tolentino (MC): 59-60.
- Sherwood B., Cutler D. e J. Burton (eds.), 2002. Wildlife and roads. The ecological impact. Imperial College Press, London.
- Societas Herpetologica Italica, 1996. Atlante provvisorio degli anfibi e dei rettili italiani. Annali del Museo Civico di Storia Naturale "G. Doria" 91: 95-178.
- Spagnesi M. e De Marinis A.M. (eds.), 2002. Mammiferi d'Italia. Quaderni di Conservazione della Natura 14. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica.
- Spagnesi M. e L. Serra, 2003. Uccelli d'Italia. Quaderni di Conservazione della Natura 16. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica.
- Spagnesi M. e L. Serra, 2004. Uccelli d'Italia. Quaderni di Conservazione della Natura 21. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica.
- Spagnesi M. e L. Zambotti, 2001. Raccolta delle norme nazionali e internazionali per la conservazione della fauna selvatica e degli habitat. Quaderni di Conservazione della Natura 1. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica.
- Spellerberg I.F., 2002. Ecological effects of roads. Science Publishers, Enfield.
- Stenberg K., 2004. A wildlife habitat network: designation and implementation. In: Shaw W.W., Harris L.K. e L. VanDruff (eds.). Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Symposium on Urban Wildlife Conservation. The University of Arizona, Tucson, pp. 287-289.
-

- 
- Trocme M. (ed.), 2003. COST Action 341. Habitat fragmentation due to transportation infrastructure. The European review. EUR 20721. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Trocme M., 2004. Frammentazione degli habitat naturali causata dalle infrastrutture viarie. Risultati dell'azione COST 341 e applicazioni in Svizzera. Relazione presentata al Convegno "Infrastrutture viarie e biodiversità. Impatti ambientali e soluzioni di mitigazione". Pisa 25/11/2004.
- Trocme M., Cahill S., de Vries J.G., Farrall H., Folkson L.G., Hicks C. e J. Peymen (eds.), 2003. COST 341 – Habitat Fragmentation due to transportation infrastructure: The European Review. Office for official publications of the European Communities, Luxembourg.
- Turner W.R., Nakamura T. e M. Dinetti, 2004. Global urbanization and the separation of humans from nature. *BioScience* 54 (6): 585-590.
- Vägverket, senza data. Fauna passages at roads. Swedish National Road Administration, Borlänge.
- Van der Sluis T., Petroli B., Kuipers H., 2001. Corridors for Life, Ecological Network Analysis for Regione Emilia Romagna- agricultural plains of Provincia di Modena & Bologna, Alterra, Wageningen, NL.
- VSS (Association Suisse des professionnels de la route et des transports), 2004. SN 640692. Faune et traffic. Analyse faunistique. VSS, Zürich.

---

## 6. GLOSSARIO

**barriera:** recinzione, cordolo o altra struttura realizzata allo scopo di impedire che gli animali entrino sul nastro stradale.

Al tempo stesso le barriere permettono di incanalare gli animali verso i passaggi faunistici\*.

E' una misura che assieme permette il miglioramento della sicurezza stradale e della tutela faunistica.

Esistono diverse tipologie, tra cui quelle combinate (es. recinzioni a maglia variabile) per far fronte contemporaneamente a categorie faunistiche di taglia diversa.

**biodiversità:** insieme della varietà delle specie viventi, compresa la composizione genetica, gli habitat e gli ecosistemi.

**compensazione ecologica:** realizzazione o miglioramento di habitat con caratteristiche equivalenti a quelle alterate a causa della costruzione di un'infrastruttura.

Lo scopo è il ripristino delle funzioni ecosistemiche distrutte o danneggiate, secondo il principio "no net loss".

**connettività:** lo stato delle caratteristiche strutturali del paesaggio che risultano connesse.

Consente l'accesso ai luoghi tramite percorsi continui.

In altre parole, la connessione fisica tra gli elementi del paesaggio.

**corridoio ecologico (= corridoio faunistico):** ambiente lineare di forma, ampiezza e copertura vegetazionale diversa che mantiene, stabilisce o migliora la connettività\* ecosistemica.

Un corridoio ecologico collega ambienti altrimenti isolati, facilitando gli spostamenti della fauna.

Alcuni esempi: siepe, filare di alberi, scarpata stradale o ferroviaria, fiume, torrente, canale.

**culvert/eco-culvert (o "tombino ecologico"):** manufatto a tubo o struttura canalizzata che permette ad un corso d'acqua o drenaggio di passare sotto l'infrastruttura.

E' dotato di elementi che consentono l'utilizzo da parte degli animali.

Rientra nella categoria dei sottopassi\*.

**deframmentazione:** processo che ha lo scopo di migliorare i collegamenti tra i vari ambienti di una zona, riducendo l'isolamento causato dalle infrastrutture.

**ecodotto:** passaggio faunistico\* di tipo "superiore", che si configura come un cavalcavia di ampie dimensioni ed in genere conformato a "doppio imbuto", ricoperto di terreno naturale e vegetazione, costruito allo scopo di collegare i frammenti di un ambiente separati da una infrastruttura di trasporto (autostrada, strada, ferrovia).

Permette l'attraversamento sicuro a tutte le categorie faunistiche.

Il "ponte faunistico" è una tipologia simile ma con dimensioni minori.

**ecosistema:** sistema nel quale si sviluppano relazioni tra organismi viventi (animali e piante) e l'ambiente fisico, chimico e biologico circostante.

Un ecosistema può essere un piccolo aggregato di rocce o una vasta foresta.

**effetto barriera:** l'effetto combinato causato dalla barriera fisica, dal disturbo e dalla mortalità stradale, che insieme riduce la facilità ed il successo di una specie faunistica nel superamento di un'infrastruttura.

**frammentazione:** la separazione di un habitat in parcelle più piccole e lontane tra loro, causata dalla realizzazione di infrastrutture o da insediamenti antropici.

Oggi giorno viene considerata uno dei problemi principali per la conservazione globale della biodiversità\*.

**lunghezza:** le dimensioni di un passaggio faunistico\* vengono definite dal punto di vista dell'animale che lo percorre (e non secondo l'asse stradale, ovvero dal punto di vista dell'automobilista).

La lunghezza di un passaggio faunistico\* sarà quindi corrispondente alla larghezza (abbondante) della strada.

**matrice:** in ecologia del paesaggio si intende l'habitat, o la tipologia di uso del suolo, predominante nel mosaico ambientale, caratterizzato da una copertura estensiva e da un'elevata connettività\*.

Nel territorio italiano le matrici principali sono: agricola, forestale, urbana.

**mitigazione:** azione tesa a ridurre al minimo gli effetti ambientali negativi causati da un'infrastruttura.

**passaggio faunistico (=attraversamento per fauna):** manufatto o opera d'arte progettato e costruito per connettere gli habitat sui due lati, al fine di facilitare il superamento in sicurezza di un'infrastruttura di trasporto da parte degli animali selvatici.

Contemporaneamente viene assicurata una maggiore sicurezza stradale per gli automobilisti, tenendo lontani gli animali dal traffico.

Il pavimento è coperto con terreno o altro materiale naturale che permette la crescita alla vegetazione.

---

Le due categorie principali sono i sottopassi\* (attraversamenti inferiori) ed i sovrappassi\* (attraversamenti superiori).

**permeabilità:** individua la possibilità di superamento di un'infrastruttura da parte degli animali.

La permeabilità di una strada viene migliorata allestendo idonee strutture che ne facilitano un attraversamento sicuro, vale a dire i passaggi faunistici\* (ecodotti\*, sottopassi\*, ecc.).

**ponte paesaggistico:** sovrappasso\* di ampie dimensioni realizzato per connettere gli habitat al di sopra di un'infrastruttura.

Dal punto di vista dell'automobilista che percorre la strada si configura come una galleria (naturale o artificiale).

**rete ecologica:** è uno strumento di gestione del territorio atto a contrastare la sempre crescente frammentazione ecosistemica che è una delle principali minacce per la tutela della biodiversità. L'obiettivo di una rete ecologica è, infatti, quello di creare e/o rafforzare un sistema di collegamento e di interscambio tra habitat ed elementi naturali altrimenti isolati.

**segnalatore per animali:** catarifrangente speciale che funziona di notte riflettendo la luce dei fari negli ambienti circostanti, ed ha lo scopo di scoraggiare gli animali ad attraversare la strada mentre transitano i veicoli.

**sottopasso (=attraversamento inferiore):** passaggio faunistico\* che supera l'infrastruttura al di sotto del livello del traffico.

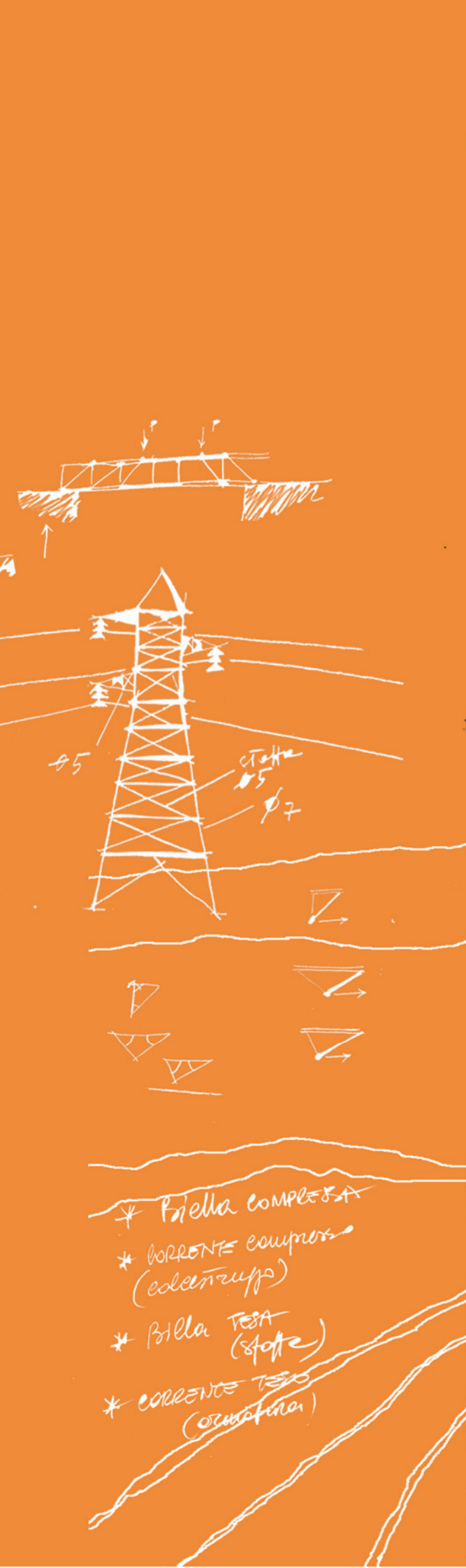
**sovrappasso (= attraversamento superiore):** passaggio faunistico\* che supera l'infrastruttura al di sopra del livello del traffico.

**stepping stones (o "unità minori"):** sistema di habitat di piccole dimensioni, separati tra loro sebbene molto vicini.

Può assumere, almeno in parte, un ruolo di corridoio ecologico\*.

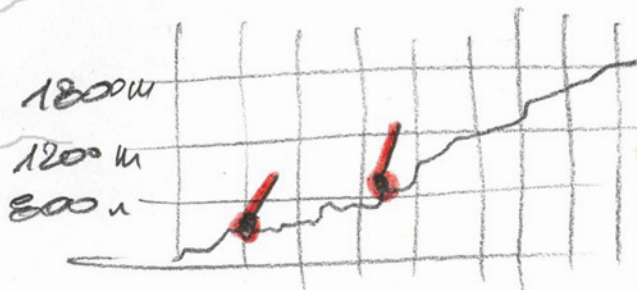
**tunnel per anfibi:** passaggio faunistico\* chiuso e di tipologia "inferiore" (sottopasso\*) costruito allo scopo di far attraversare agli anfibi l'infrastruttura da una parte all'altra.

**ungulati:** raggruppamento sistematico dei mammiferi provvisti di zoccoli (Capriolo, Cervo, Daino, Cinghiale, ecc.).\* *rimando ad altro termine descritto nel glossario.*

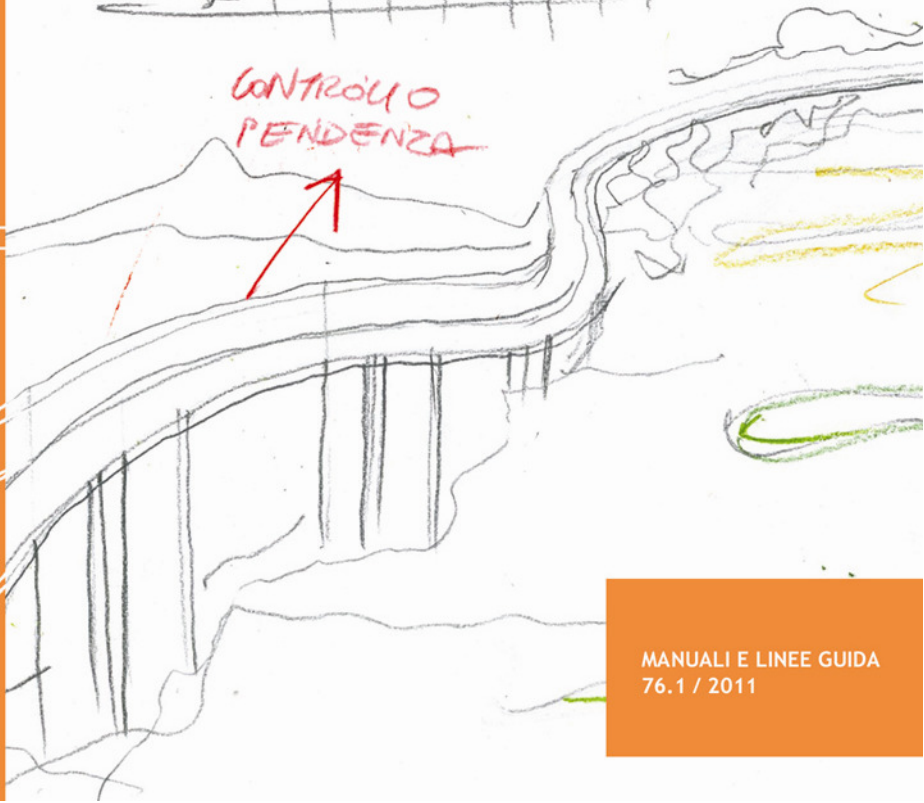


- sezione
- Aven
- registri

orecchi Tetture  
 naturali con  
 artificiali giorni  
 di STERZO e RAPPORTO



CONTROLLO  
 PENDENZA



- \* Pirella complessa
- \* torrente compreso (edifici ruffi)
- \* Pirella TESA (stoffe)
- \* corrente TESA (oculatura)