

Metodologia Rete ecologica

Rete ecologica regionale

Il 31 luglio 2015 è stata approvata la Delibera di Giunta Regionale n. 52–1979 "Legge regionale del 29 giugno 2009, n. 19 "Testo unico sulla tutela delle aree naturali e della biodiversita". Approvazione della metodologia tecnico-scientifica di riferimento per l'individuazione degli elementi della rete ecologica regionale e la sua implementazione.", pubblicata sul BUR n. 36 del 10/9/2015.

Nelle pagine seguenti viene descritta la metodologia adottata, per la individuazione degli elementi caratterizzanti la Rete ecologica, nelle prime aree studio.

Nelle varie sezioni è possibile scaricare le tabelle utilizzate per il calcolo degli indici presenti nel metodo.

Metodologia per l'individuazione degli elementi utili all'identificazione della rete ecologica

1. Introduzione

La metodologia sviluppata da Arpa Piemonte per l'identificazione degli elementi della rete ecologia è basata sull'impiego di banche dati e basi cartografiche già esistenti, a cui vengono applicati indicatori faunistici e vegetazionali e strumenti modellistici al fine di individuare le aree di valore ecologico e quelle ecologicamente permeabili del territorio analizzato. Tale metodologia è il risultato di diverse sperimentazioni condotte da Arpa Piemonte nell'ultimo decennio come supporto per la valutazione ambientale di piani e progetti (Vietti et al. 2003, Ferrarato et al. 2004, Vietti et al. 2004,

Maffiotti et al. 2007, Alibrando et al. 2007, Airaudo et al. 2008) sia in ambito locale che a scala provinciale, nel 2023 sono state portate a termine tutte le province della Regione Piemonte, da evidenziare che le province di Novara e Cuneo sono state oggetto di ulteriori approfondimenti con il metodo expert-based.

2.1 Aspetti generali

Un corretto approccio all'analisi della distribuzione della biodiversità deve necessariamente passare attraverso la conoscenza delle porzioni di territorio funzionali alla conservazione delle specie selvatiche, ovvero la "rete ecologica". Negli ultimi anni la nozione di rete ecologica è utilizzata all'interno di molti ambiti scientifici, come riferimento teorico ed applicativo della funzionalità ambientale di un territorio. Questa grande diffusione è dovuta alle sue caratteristiche di strumento concettuale di grande versatilità, applicabile in uno svariato numero di contesti, che permette di schematizzare efficacemente diversi fenomeni naturali e antropici, in cui spesso è possibile distinguere elementi a diversa funzionalità che si intrecciano tra di loro come le maglie di una rete.

Si possono identificare quattro ambiti principali in cui il concetto di rete ecologica viene applicato (Reggiani et al., 2000):

- nella pianificazione territoriale, dove la rete è lo strumento che permette la rappresentazione del dinamismo e dell'interdipendenza delle componenti naturali ed antropiche;
- nei programmi di sviluppo socio-economico "sostenibile", dove la rete è stata usata per rappresentare, in modo flessibile, risorse, flusso di informazioni, competenze e servizi compatibili con la conservazione delle risorse naturali del territorio;

- nella progettazione di un sistema integrato di aree protette e nella valutazione della loro efficacia;
- nelle discipline scientifiche dell'ecologia e della biologia della conservazione, dove il concetto di rete sintetizza efficacemente le dinamiche alla base della distribuzione delle forme di vita sul territorio.

In tutti questi ambiti, nell'individuazione di una rete ecologica sono per lo più presenti tre fasi:

- identificazione degli elementi della rete;
- individuazione delle aree con funzione di connessione ecologica;
- individuazione della diversa funzionalità degli elementi all'interno del sistema.

Come affermato in precedenza, le reti ecologiche sono uno strumento concettuale di estrema importanza ai fini di un assetto sostenibile di uso del territorio e della conservazione della natura. Questo concetto prende forma partendo dalla constatazione ovvia che tutte le specie, vegetali ed animali, sono distribuite in maniera non omogenea sul territorio e che questa discontinuità è dovuta in primo luogo all'azione di fattori naturali intrinseci sui quali si inseriscono ed agiscono fattori antropici. È quindi evidente come il concetto di rete ecologica si esprima nella pratica in maniera completamente diversa a seconda del gruppo tassonomico preso in esame. La rete ecologica complessiva, che è rappresentata dalla sovrapposizione delle cenosi vegetali e della distribuzione animale, ha come risultato una fitta parcellizzazione del territorio in aree omogenee, che rappresentano la reale rete ecologica globale che insiste sul territorio.

Nella pratica, per poter utilizzare le reti ecologiche come uno strumento operativo di gestione del territorio è necessario realizzare una aggregazione di aree omogenee dal punto di vista ecosistemico fino ad arrivare ad un grado di

dettaglio idoneo alla scala di applicazione, in modo da poter gestire le informazioni ottenute con gli strumenti classici della pianificazione territoriale.

Per poter ottenere sufficiente mediazione tra le esigenze degli organismi animali e quelle della gestione territoriale, si può pensare ad una rete calibrata sulle necessità delle specie ritenute più importanti (specie chiave e “specie ombrello”) per la conservazione delle popolazioni animali e vegetali e per la funzionalità ecologica del territorio.

Dal momento che non è possibile valutare le esigenze di tutte le specie esistenti in un dato ambito territoriale, ci si deve necessariamente limitare a quelle ritenute determinanti per il loro grado di minaccia o il loro ruolo funzionale all'interno dei sistemi ecologici.

In mancanza però di dati diretti sulla presenza e il grado di utilizzo del territorio da parte delle differenti specie, si fa talvolta uso di modelli matematici che, sulla base delle informazioni disponibili sulla distribuzione e sull'idoneità ambientale per un numero limitato di indicatori, popolazioni o di taxa, attraverso algoritmi appropriati e grazie a basi di dati ambientali e geografiche disegnano mappe potenziali di distribuzione e di idoneità (Franklin 2009). Tali modelli permettono infatti di integrare e sintetizzare le relazioni specie-ambiente e rappresentano un valido strumento di supporto alle indagini conoscitive e ai progetti di conservazione e gestione territoriale (Duprè, 1996) restituendo una cartografia della articolazione delle aree in grado di offrire diverse qualità di habitat per ogni specie. La sovrapposizione fra i valori di idoneità di un certo numero di indicatori consente di individuare le aree nelle quali si riscontrano i valori sommati maggiori. Un esempio ben conosciuto in Italia è quello della REN-Rete Ecologica Nazionale (Boitani et al. 2002). Nel caso di specie selvatiche, talora molto elusive e difficilmente censibili, questo metodo di indagine rappresenta spesso l'unica possibilità sulla base di una valutazione costi/benefici per una caratterizzazione a priori dell'idoneità di un

ambiente a sostenere una popolazione animale. L'affidabilità di questi modelli è però condizionata da diversi fattori quali la disponibilità, la precisione e l'omogeneità dei dati per le diverse aree di studio.

Questo approccio può rivelarsi idoneo a descrivere delle distribuzioni attese quando le basi di dati ambientali sono di buona qualità, aggiornate e atte a spiegare le relazioni tra le variabili influenzanti la distribuzione, l'abbondanza e la fitness degli organismi considerati. Tuttavia, nessuna base di dati fino ad ora conosciuta è in grado di contenere tutte le informazioni possibili. L'approccio modellistico diventa indispensabile quando si tratta di individuare e prevedere gli effetti di processi ecologici ai quali non è dato di assistere localmente, quali gli eventi di dispersione degli organismi da un'area idonea a un'altra. In questi casi, la necessità di individuare i fattori riconoscibili sul terreno e nelle basi dati ambientali e di correlarli a probabili comportamenti ed eventi (l'organismo attraversa l'area, vi si sofferma, o la evita) o esiti (l'organismo ha probabilità variabili di transitare nell'area con esito non letale), ha portato all'elaborazione di diversi modelli ecologici.

2.2 Impostazione metodologica

I modelli ecologici elaborati permettono di valutare con un criterio oggettivo la presenza di aree di valore ecologico ed altre con funzione di corridoio ecologico, ponendo in questo modo i presupposti per la realizzazione di un modello o di un sistema dinamico volto a tutelare le aree a maggior biodiversità e le aree residuali potenzialmente utilizzabili a seguito di interventi di potenziamento delle connessioni ecologiche.

I principali passi metodologici seguiti per la realizzazione del prodotto finale sono:

1. predisposizione della base dati di riferimento;
2. elaborazione della carta degli habitat fino ai 1400 mt di quota;

3. realizzazione di un database per alcune specie di mammiferi, uccelli ed invertebrati presenti sul territorio analizzato e valutazione delle affinità specie-habitat per ciascuna di esse;
4. elaborazione degli indicatori faunistici per mammiferi, uccelli ed alcuni invertebrati di interesse conservazionistico;
5. elaborazione degli indicatori vegetazionali;
6. individuazione delle Aree di Valore Ecologico;
7. valutazione della permeabilità biologica ed elaborazione del modello ecologico FRAGM di connettività ecologica fino ai 1400 mt di quota;
8. individuazione degli elementi utili all'identificazione della rete ecologica del territorio.
9. elaborazione di una carta di uso del suolo cartatterizzata da una legenda semplificata nella porzione di territorio superiore ai 1400 m.

Di seguito si riporta il diagramma di flusso che illustra in sintesi i passaggi per arrivare all'individuazione degli elementi della rete.

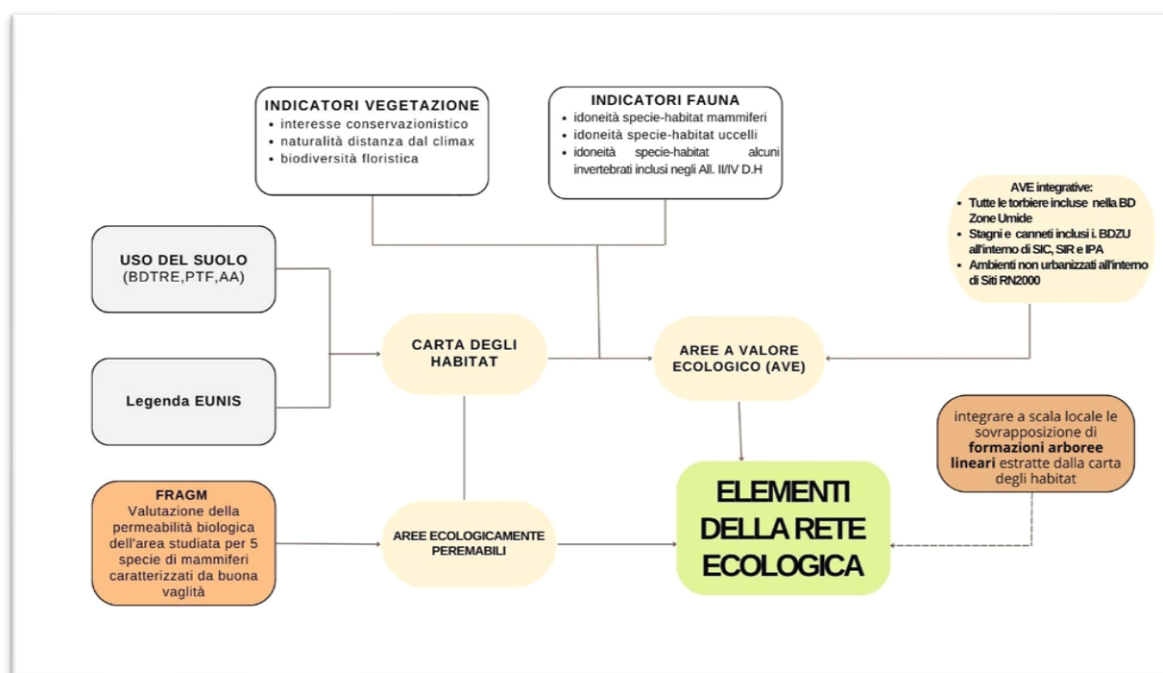


Figura 1: schema logico per l'individuazione degli elementi della rete ecologica

3. Strumenti utilizzati e basi dati di riferimento

L'intero processo di creazione della rete ecologica è stato studiato per poter essere riproducibile con la cartografia esistente e con software liberi.

La base dati di partenza è costituita dalla BDTRE: Banca Dati di Riferimento degli Enti piemontesi, attualmente la cartografia a livello regionale più aggiornata in relazione all'uso del suolo. Per poterla utilizzare come base per lo studio della rete ecologica necessita tuttavia di approfondimenti su alcuni tematismi, in particolar modo per:

- ambiti agricoli, in particolar modo per prati, pascoli
- ambienti forestali

Tale necessità ha comportato l'integrazione di ulteriori informazioni desumibili da banche dati più recenti o di maggior dettaglio quali: Carta Forestale (edizione 2016): aggiornamento dei PFT prodotto da IPLA e Anagrafe Agricola.

Dalle suddette basi dati è stato estratto solo l'attributo, mentre la geometria è rimasta quella della BDTRE. Solo nel caso dell'Anagrafe Agricola sono stati utilizzati sia l'attributo che la geometria, quest'ultima fa riferimento alle aree agricole soggette a contributo del PSR e di conseguenza aggiornata annualmente. Per quanto riguarda gli ambienti forestali è stata utilizzata la "Carta Forestale 2016" prodotta da Regione Piemonte per la redazione dei Piani Forestali Territoriali. Tale carta ha contribuito a raggiungere un maggior dettaglio informativo sugli habitat forestali.

La metodologia che verrà descritta è stata sviluppata in **GRASS 7.0.x** e basata su cartografia raster, pertanto i dati reperiti in formato vettoriale sono stati trasformati come raster. L'utilizzo di Grass ha permesso l'impiego di specifici comandi quali: `r.reclass` per la riclassificazione delle mappe, `r.mapcalc` per calcolare il valore delle celle ottenuto dalla sovrapposizione di uno o più raster,

r.univar per eseguire operazioni statistiche, r.cost per calcolare il costo di ciascuna specie esaminata per spostarsi da un'area sorgente all'altra, etc. Tali operazioni sono state automatizzate creando degli script in Python eseguibili dalla shell di Grass.

Inoltre, è stato utilizzato **Qgis 3.X per la** visualizzazione dei dati e l'allestimento degli elaborati finali e **PostgreSQL 9.3/Postgis** per creare le tabelle dei punteggi della fauna e della vegetazione descritte nel dettaglio in seguito.

4.1 Elaborazione della carta degli habitat

Per la realizzazione della carta degli habitat si è adottato il [sistema di classificazione EUNIS](#) (aggiornamento del 2012), sviluppato dall'Agenzia Europea per l'Ambiente. Tale classificazione è costruita sulla base del CORINE Habitats Classification ed ha lo scopo di generare un riferimento comune delle tipologie di habitat per tutti i paesi dell'Unione Europea.

In funzione del dettaglio che le basi dati disponibili hanno consentito di raggiungere sono stati selezionati ca. 85 ambienti che costituiscono la “legenda di riferimento” e corrispondono, per la maggior parte degli habitat naturali o semi-naturali, dal primo al quinto livello della classificazione EUNIS adottata.

[Scarica](#) la tabella degli habitat (le colture legnose a nocciolo, distinte dai corileti naturali, sono state incluse in "FB.3".)

Sulla base di tale legenda è stata creata la carta degli habitat (Fig. 2).

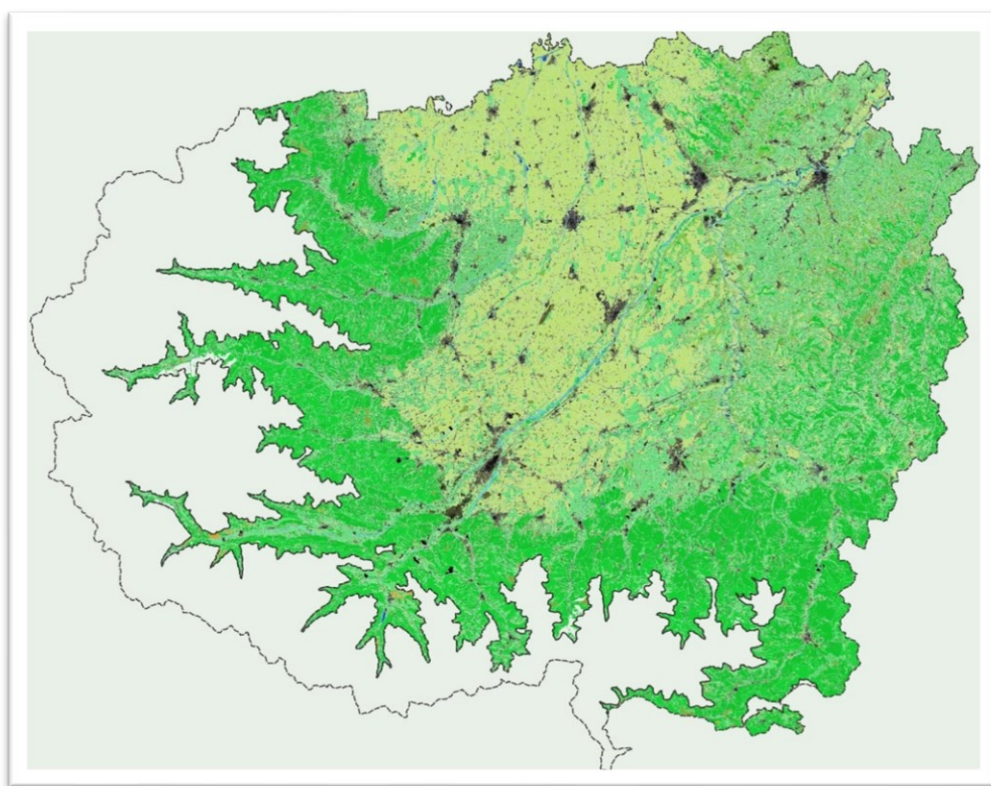


Figura 2: Carta degli habitat della Provincia di Cuneo

4.2 Elaborazione della carta degli habitat al di sopra dei 1400 m di quota

La metodologia per la definizione della rete ecologica piemontese ufficializzata dalla DGR n. 52-1979 del 31/7/2015 è stata sviluppata in funzione degli habitat e delle specie di riferimento presenti in aree poste indicativamente al di sotto degli 800 m s.l.m. e in tale contesto trova la sua applicazione. I territori prettamente montani finora non sono stati presi in considerazione per la carenza dei dati di base utili a rilevare l'habitat. Grazie al Progetto PITEM si è colta l'opportunità di riesaminare la metodologia anche al di sopra degli 800 mt, si è ragionato in primo luogo su quali fossero le banche dati disponibili e conseguentemente sulla definizione di un nuovo limite per la quota.

La disponibilità e la qualità descrittiva dei livelli informativi, come era già noto, risulta molto carente negli ambienti aperti di alta quota, ad esempio nella DBTRE molti habitat caratterizzati da macereti rocce non sono cartografati o quando lo sono vengono genericamente identificati come “forma naturale del terreno di tipo non conosciuto”. Per ovviare a questa carenza informativa, si è deciso di usare la voce rm__ relativa a rocce e macereti, precedentemente esclusa dalla conversione dei piani forestali nella carta degli habitat. Inoltre, per evitare attribuzioni errate inerenti la classificazione Eunis, si è deciso di semplificare “la legenda di riferimento” della carta degli habitat costituita da circa 85 voci in una legenda più speditiva. Tale legenda sarà costituita da habitat ricadenti nel primo livello Eunis e pertanto la base conoscitiva non sarà più definibile come carta degli habitat ma sarà più simile ad una carta di uso del suolo. Questa scelta è stata avvalorata dal presupposto che realizzare la rete ecologica in aree tipicamente montane dove l'antropizzazione e le infrastrutture viarie hanno un ruolo marginale, dove non ci sono interferenze antropiche significative e pertanto non sussistono condizioni particolarmente problematiche legate consumo di suolo, avrebbe condotto a dei risultati facilmente prevedibili; la maggior parte di queste aree sarebbero state infatti definite come AVE e quindi con un'elevata connettività ecologica, al netto dei fattori limitanti di carattere naturale. In conclusione, per le aree a quote più elevate, si procede a realizzare esclusivamente la carta dell'uso del suolo basata sul primo livello Eunis, alla quale potranno essere sovrapposti gli ingombri delle infrastrutture lineari presenti (strade principali, comprensori sciistici, elettrodotti) che verranno designati come ambiti su cui valutare la necessità di prevedere interventi di deframmentazione specifici.

Permangono tuttavia lungo i principali fondovalle situazioni di maggior disturbo antropico e relativa compromissione della connettività ecologica per la fauna selvatica dovuti all'intensa transitabilità dei veicoli e dei mezzi pesanti verso i valichi montani di confine. Lungo queste aree è quindi necessario orientare gli sforzi per l'identificazione di situazioni di maggior criticità.



Figura 3: Carta dell'uso del suolo oltre i 1400 s.l.m della Provincia di Cuneo

4.3 Realizzazione di una banca dati per le specie animali e valutazioni delle affinità specie-habitat

Il modello viene applicato ad alcuni taxa animali che popolano l'area che si intende indagare, suddivise nelle seguenti classi sistematiche:

- mammiferi;
- avifauna;
- alcuni invertebrati inclusi negli All. II/IV della Direttiva 92/43/CEE "Habitat" (lepidotteri e carabidi).

Per ciascuna specie è stata effettuata un'analisi specie-habitat che mette in relazione le caratteristiche del territorio con le proprie esigenze ecologiche; viene attribuito il grado di affinità dei differenti habitat in termini di potenzialità di risorse per ciascuna specie. Si procede attribuendo un valore, in un intervallo di valori compresi tra 0 e 1, sulla base delle relazioni esistenti tra la specie esaminata e le categorie di habitat presenti. Il valore 0 indica ambienti non idonei per la presenza della specie studiata; il valore 1 individua ambienti ad alta idoneità. I termini entro questo intervallo rappresentano situazioni intermedie.

Tali informazioni sono state raccolte nel database *Affinità-Specie habitat* creato mediante PostgreSQL per agevolare il calcolo degli indicatori della fauna e della vegetazione. Con questi dati sono state allestite mappe preliminari per ciascuna specie in cui l'unico parametro indicato è l'affinità dell'habitat (modello di affinità specie-habitat).

[Scarica](#) la tabella di affinità specie-habitat punteggi per la fauna

4.4 Elaborazione degli indicatori faunistici

Partendo dalla valutazione di ogni singolo habitat rispetto all'esigenza ecologica di ciascuna specie, aggregandole per ciascun gruppo sistematico ed applicando la sommatoria dei punteggi delle specie, sono state elaborate le cartografie relative all'idoneità dell'habitat per i tre gruppi presi in considerazione.

Estraendo unicamente le aree ad alta idoneità per ciascun gruppo sistematico sono state individuate le:

- aree importanti per l'avifauna (valori > 29)
- aree importanti per gli invertebrati selezionati (valori >1,5)
- aree importanti per i mammiferi (valori > 19)

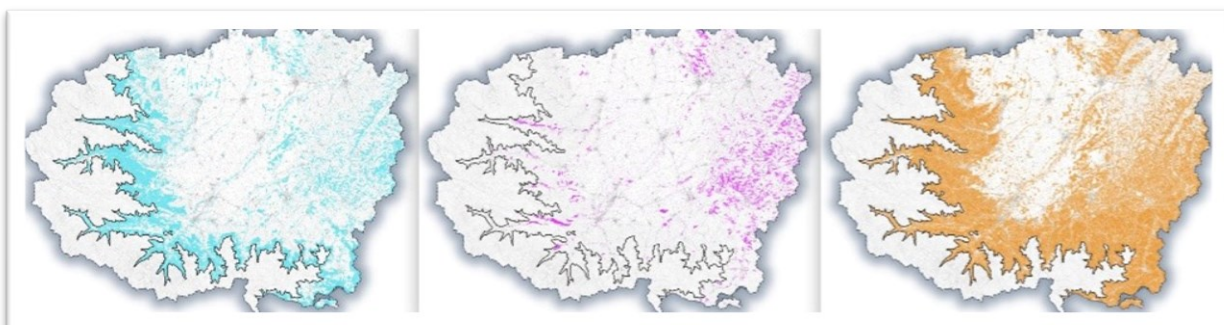


Figura 4: Aree importanti per le tre classi animali individuate: avifauna - invertebrati – mammiferi per la Provincia di Cuneo

Con la sovrapposizione delle aree importanti per mammiferi, avifauna e invertebrati in Direttiva sono state identificate le **Aree di Valore Ecologico per la fauna** (Fig. 5). Sono quindi da considerarsi aree a valore ecologico per la fauna tutti gli habitat importanti per almeno uno dei tre gruppi sistematici.

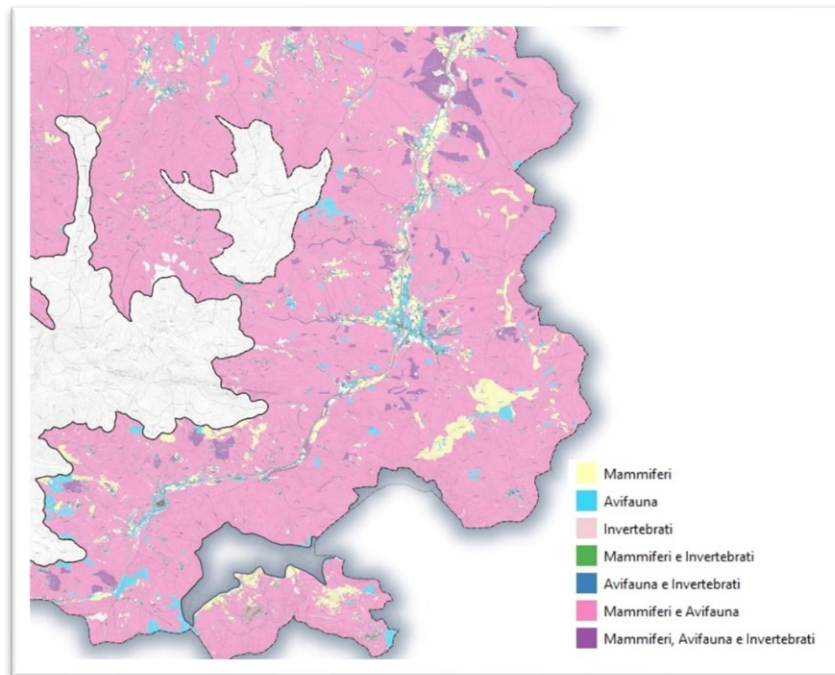


Figura 5: Aree di Valore ecologico per la fauna

4.5 Elaborazione degli indicatori vegetazionali

L'analisi degli aspetti vegetazionali è stata condotta applicando un set di quattro indicatori. Per questa analisi si è mutuata in parte l'esperienza maturata in altre realtà italiane (LIPU – BirdLife Italia e FLA, 2012). Gli indicatori individuati caratterizzano gli habitat presenti sul territorio per i seguenti aspetti vegetazionali:

- la distanza dal **climax**,
- la **naturalità** (qui intesa come livello di determinismo antropico),
- il grado di **biodiversità** floristica (sulla base di quanto desumibile da letteratura),
- l'importanza **conservazionistica** (ovvero la possibile inclusione di un determinato ambiente nell'allegato I della Direttiva 92/43/CEE “Habitat”).

I quattro indicatori sono stati aggregati in un unico indice sintetico (Is), attribuendo a ciascuno di essi un diverso peso, secondo lo schema seguente:

$$I_s = \text{climax} + 0,8 * \text{naturalità} + 0,6 * \text{biodiversità} + 0,4 * \text{conservazionistico}$$

Si è ritenuto di selezionare come concorrenti all'individuazione delle **Aree di Valore Ecologico per la vegetazione** (Fig. 6) tutti gli habitat della legenda di riferimento, che abbiano un valore dell'indice sintetico superiore a quello attribuito all'ambiente “Boschi e foreste di *Castanea sativa*” (codice EUNIS G1.7D).

[Scarica](#) la tabella con i punteggi degli indicatori della vegetazione.

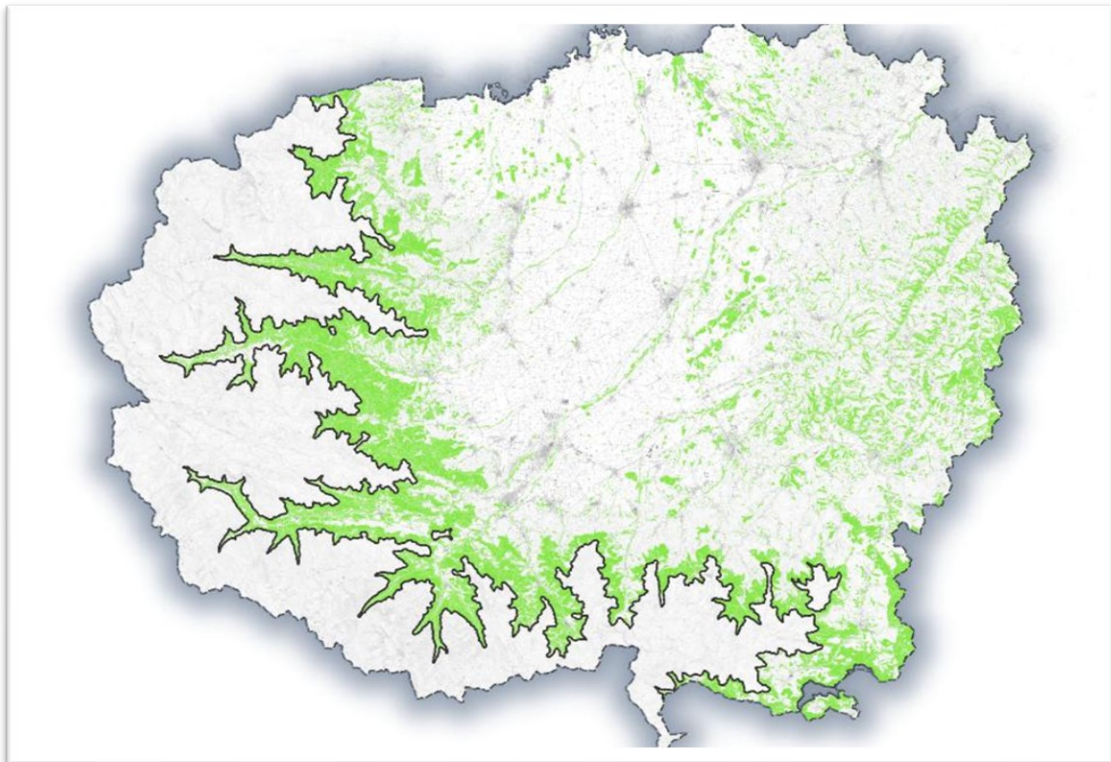


Figura 6: Aree di Valore ecologico per la vegetazione

4.6 Individuazione delle Aree di Valore Ecologico

A seguito dell'individuazione delle aree importanti per i differenti gruppi faunistici e per la vegetazione, si è proceduto a definire le Aree a Valore Ecologico (AVE) selezionando gli ambienti che soddisfano uno dei due criteri seguenti:

- essere importanti per la vegetazione e per almeno uno dei tre gruppi faunistici,
- essere importanti per tutti e tre i gruppi faunistici.

Codice EUNIS	definizione	Vegetazione	Mammiferi	Uccelli	Invertebrati	Finale
C1	Acque ferme (compresi laghi di cava)					
C2.2	Corsi d'acqua permanenti a carattere torrentizio (ruscelli e torrenti), non influenzati dalle maree					
C2.3	Corsi d'acqua permanenti a carattere potamale (fiumi a lento decorso), non influenzati dalle maree					
C3.2	Comunità di elofite di grandi dimensioni e canneti marginali					
C3.6	Rive fluviali non vegetate con sedimenti ripariali fini o mobili					
D	Ambienti umidi con accumulo di torba					
E1.2	Praterie aride calcifile e steppe basifile					
E1.7	Praterie aride non mediterranee, da acidofile a neutrofile, fitte					
E2.1	Pascoli mesofili permanenti e prati brucati dal bestiame					
E2.2	Prati da sfalcio a bassa e media altitudine					
E2.3	Prati da sfalcio montani					
E2.6	Prati seminati e fertilizzati artificialmente, inclusi campi sportivi e prati ornamentali					
E3.5	Praterie oligotrofiche, asciutte o umide (Molinieti)					
E5.3	Comunità a Pteridium aquilinum					
F3.1	Arbusteti e cespuglieti temperati					
F4.2	Brughiere aride					
F9.1	Cespuglieti fluviali e lacustri di Salix sp.					
F9.2	Cespuglieti e boscaglie di Salix sp., lungo le rive di stagni o laghi e nelle piane acquitrinose					
FB.4	Vigneti (piantagioni di Vitis sp.)					
G1.11	Boscaglie ripariali azonali di Salix sp.					
G1.121	Boscaglie ripariali montane di Alnus incana					
G1.21	Boschi fluviali di Fraxinus excelsior e Alnus glutinosa su suolo periodicamente umido					
G1.224	Foreste fluviali di Quercus sp., Alnus sp. e Fraxinus excelsior della Val Padana (nord-Italia)					
G1.31	Foreste ripariali mediterranee a Populus alba e Populus nigra dominanti					
G1.61	Boschi e foreste acidofile centro-europee di Fagus sylvatica					
G1.63	Boschi e foreste neutrofile centro-europee di Fagus sylvatica dominante					
G1.65	Boschi e foreste subalpine centro-europee di Fagus sylvatica con Acer pseudoplatanus					
G1.66	Boschi e foreste calcicole xerothermiche di Fagus sylvatica dell'Europa centro-occidentale					
G1.67	Foreste di faggio dell'Europa meridionale e centrale					
G1.71	Querceti di roverella occidentali e comunità correlate					
G1.731	Boschi di Quercus pubescens del nord Italia					
G1.741	Cerrete dell'Italia settentrionale					
G1.7C1	Boschi di Ostrya carpinifolia					
G1.7D	Boschi e foreste di Castanea sativa (comprese le colture da frutto ormai naturalizzate)					
G1.88	Foreste acidofile di Quercus sp. delle aree pedemontane in Liguria, Piemonte e Lombardia					

Figura 7: Habitat idonei per la vegetazione e per i cinque taxa della fauna

Le aree così individuate devono essere integrate con alcune tipologie di ambienti (torbiere, stagni e lanche) incluse nella Banca Dati regionale delle zone umide della Regione Piemonte (Fig.1).

Figura 7: Habitat idonei per la vegetazione e per i cinque taxa della fauna

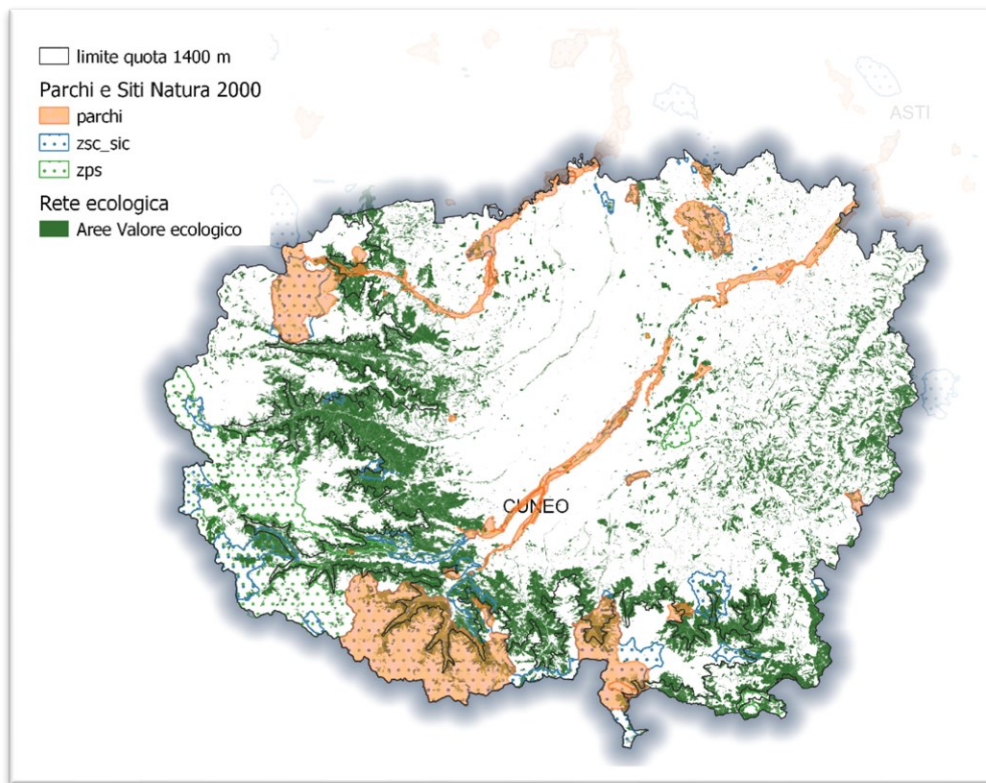


Figura 8: Aree di Valore Ecologico individuate per il territorio della Provincia di Cuneo

4.7 Applicazione del modello FRAGM per la connettività ecologica

Il modello FRAGM valuta, tramite strumenti GIS, la **permeabilità biologica** (ovvero l'attitudine di un territorio ad essere attraversato dalle specie animali considerate) e la **connettività ecologica** (ovvero il livello di interconnessione tra le diverse aree naturali "sorgente" presenti). Tali caratteristiche del territorio vengono dedotte tramite l'applicazione di algoritmi di *cost distance* e l'analisi di parametri legati alla morfologia delle aree studiate.

Per l'applicazione del modello sono state selezionate cinque specie di mammiferi, quelle dotate di un buon grado di vagilità, ovvero la buona capacità di un animale di compiere movimenti e spostamenti. Tali specie sono il riccio, lo scoiattolo rosso, il tasso, il capriolo e la lepre comune.

Tra tutti gli habitat, presenti nell'area di studio, sono stati individuati gli habitat con funzione di "sorgente", ovvero quelli caratterizzati dal più alto grado di

idoneità ambientale per ciascuna specie. Agli ambienti restanti, che costituiscono la matrice interposta alle sorgenti, sono stati attribuiti diversi valori di frizione, che sono funzione del livello di permeabilità della specie nell'habitat considerato e risultano crescenti al suo decrescere (Fig. 9). Tali valori sono stati derivati da informazioni tratte da letteratura ed integrate dal parere esperto. Queste informazioni sono state utilizzate in un algoritmo isotropo di cost-distance per valutare la connettività del territorio per ciascuna specie.

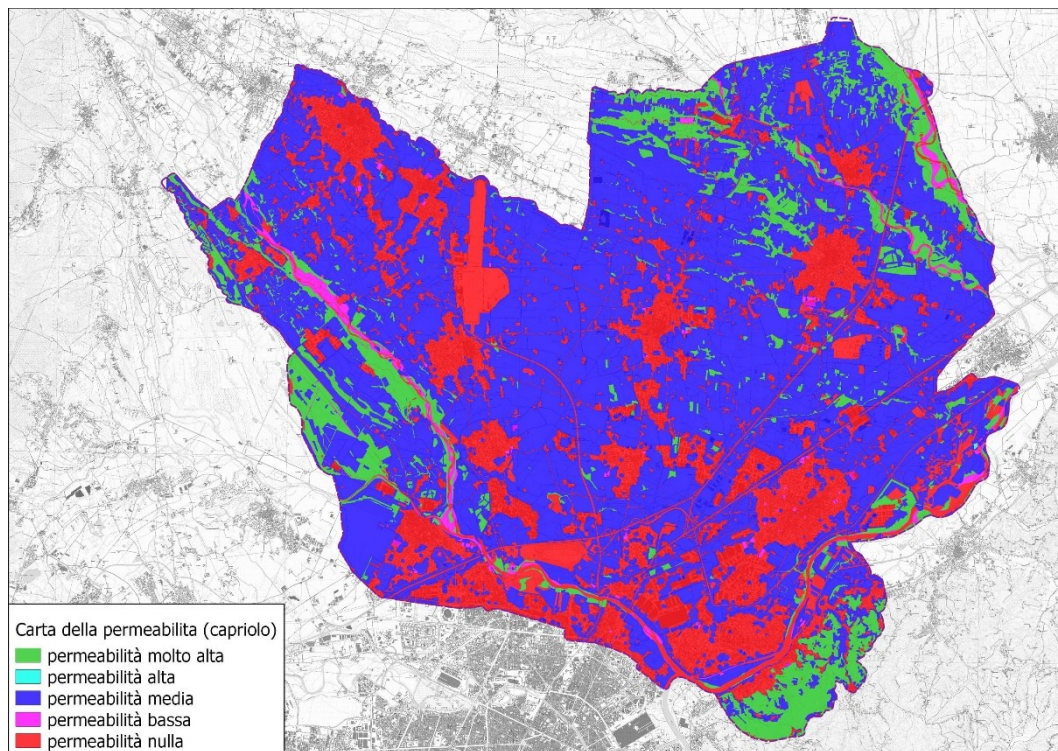


Figura 9: Carta della permeabilità del capriolo del Quadrante Nord-Est

L'algoritmo utilizzato per applicare il cost-distance è r.cost di Grass. L'algoritmo genera un raster da una mappa di input recante i valori di costo per ciascuna categoria indagata, ovvero i valori di frizione per ciascun habitat, e calcola il costo cumulativo che l'animale spende per muoversi da un'area sorgente all'altra. Il layer dell'area sorgente è il secondo parametro di input fornito per il calcolo dell'indice.

```
r.cost input=frizione_capriolo output=cost_capriolo start_rast=source_capriolo percent_memory=10
```

Le mappe di costo risultanti sono state cinque, una per ciascuna delle specie studiate, da queste sono state selezionate solo le celle inferiori o uguali al costo di 10.000 per ottenere, mediante il comando r.mapcalc, la carta della connettività ecologica finale.

```
r.mapcalc "carta_connettivita = (cost_riccio <= 10000) + (cost_tasso <= 10000) +  
(cost_scoiattolo <= 10000) + (cost_capriolo <= 10000) + (cost_lepre <= 10000)"
```

Tramite la sovrapposizione dei risultati appena descritta, è possibile suddividere il territorio considerato in cinque diverse classi di connettività ecologica.

[Scarica](#) la tabella con i valori di frizione per le singole specie

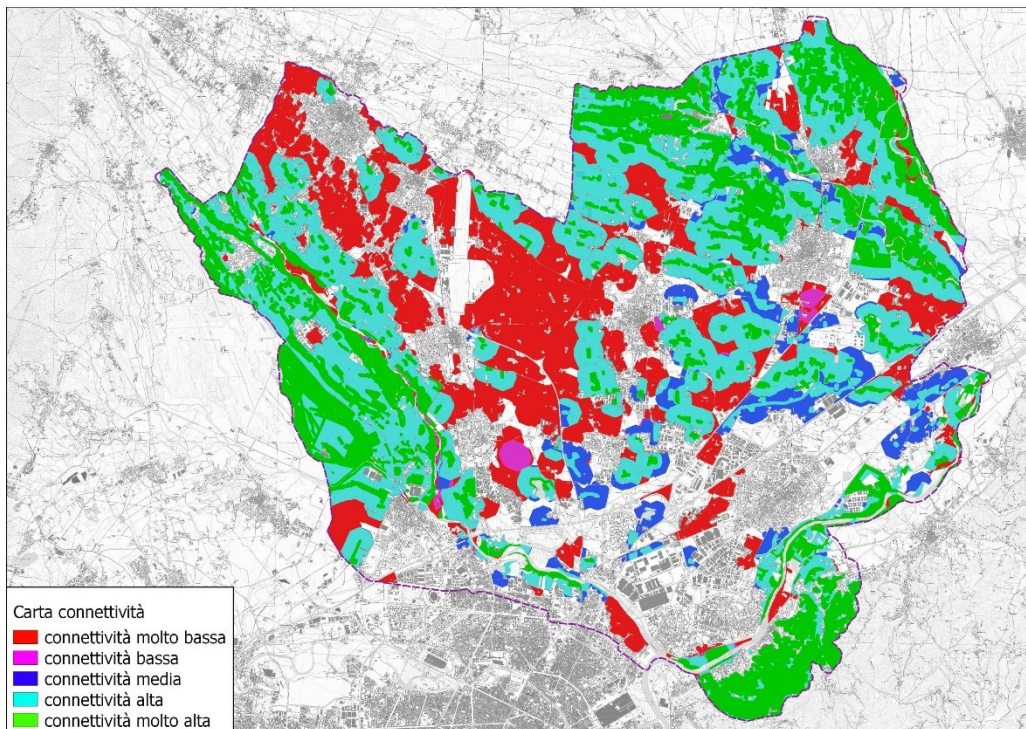


Figura 10: Carta della connettività ecologica del Quadrante Nord-Est

4.8 Individuazione degli elementi della rete ecologica

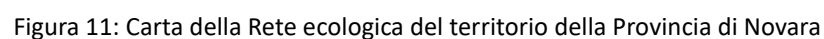
A seguito dell'applicazione della metodologia descritta è possibile identificare gli elementi che concorrono a costituire la rete ecologica, ovvero:

1. le aree di valore ecologico (AVE)
2. le aree a connettività ecologica alta o molto alta

A queste devono essere sovrapposte le formazioni arboree lineari (ovvero l'informazione relativa all'habitat "G5.1 - Siepi e filari" presente nella carta degli habitat), che, a scala locale, possono rivestire un ruolo importante e, a prescindere dalla scala di acquisizione e restituzione del dato, non devono essere ricondotte ad ambienti forestali ma essere rappresentate unicamente come un tematismo, eventualmente differenziato per tipologia e/o struttura.

Oltre alle aree sopra citate, il metodo individua elementi che rivestono una funzione marginale (p.e. caratterizzati da un grado di connettività residuale o

5. Limiti e avvertenze di utilizzo



Considerato che le problematiche maggiori per la rete ecologica si osservano nelle aree più antropizzate, che per il territorio piemontese coincidono in buona parte con le aree di pianura, la fascia pedemontana ed i principali fondovalle, la metodologia sopra descritta è stata sviluppata in funzione degli habitat e delle specie di riferimento presenti in questi ambiti territoriali e trova pertanto applicazione in aree poste indicativamente al di sotto dei 1400 m s.l.m.. Per le aree a quote più elevate (che presentano caratteristiche orografiche ed ecologiche peculiari e difficilmente integrabili le aree a quote inferiori) potrà essere definita in futuro una specifica metodologia.

Si evidenzia infine che la metodologia descritta è stata realizzata attraverso la raccolta e l'organizzazione di banche dati e basi cartografiche già esistenti, con limiti intrinsecamente legati al loro aggiornamento e al non sempre adeguato e preciso contenuto informativo. Pertanto, eventuali analisi di dettaglio oltre la scala di risoluzione dei dati (1:10000) dovranno necessariamente essere accompagnate da una verifica puntuale delle indicazioni fornite, al fine di integrare eventuali imprecisioni nella localizzazione geografica e/o nella classificazione dell'oggetto ambientale censito.

6. Bibliografia

- Aimassi g., reteuna d., 2007. Uccelli nidificanti in Piemonte e Valle d'Aosta. Aggiornamento della distribuzione di 120 specie. Memorie dell'Associazione Naturalistica Piemontese. Volume VII.
- Airaudo D., Peverelli Bosser V., Fila-Mauro E., Valeria Frasca C., Vietti D., 2008. [Incidenti stradali con coinvolgimento di Fauna Selvatica in Piemonte](#), Torino. Regione Piemonte. ^[L]_[SEP]
- Alibrando M., Carrino M., Crua L., Ferrarato M., Lorusso B., Vietti D., 2007. Applicazioni e modelli GIS in campo ecologico, Torino. Atti dell'11° Conferenza nazionale ASITA (Federazione delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali), Novembre 2007. ^[L]_[SEP]
- Andreone F., Sindaco R., 1998. Erpetologia del Piemonte e della Valle d'Aosta "Atlante degli Anfibi e dei Rettili". Museo Regionale di Scienze Naturali Torino. Monografie XXVI.
- Arpa Piemonte, 2008. [Zone umide in Piemonte](#) - Indicatori Ambientali. ^[L]_[SEP]
- Biondi E., Blasi C., Burrascano S., Casavecchia S., Copiz R., Del Vico E., Galdenzi D., Gigante D., Lasen C., Spampinato G., Venanzoni R., Zivkovic L., 2009. [Manuale Italiano di interpretazione degli habitat della Direttiva 92/43/CEE](#). ^[L]_[SEP]
- Boitani L., Corsi F., Falcucci A., Maiorano L., Marzetti I., Masi M., Montemaggiori A., Ottaviani D., Reggiani G., Rondinini C., 2002. Rete Ecologica Nazionale. Un approccio alla conservazione dei vertebrati italiani. Università di Roma "La Sapienza", Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo; Ministero dell'Ambiente, Direzione per la Conservazione della Natura; Istituto di Ecologia Applicata. ^[L]_[SEP]
- Camerano P., Gottero F., Terzuolo P., Varese P., 2004. Tipi forestali del Piemonte. Blu Edizioni

- Celada M., 2013. Linee guida per la gestione degli ecosistemi forestali per il miglioramento della qualità degli habitat e l'aumento della connettività per lo scoiattolo rosso in Lombardia. LIFE09 NAT/IT/00095 "***Eradication and control of grey squirrel: actions for preservation of biodiversity in forest ecosystems*** (EC-SQUARE)"^[1]_[SEP]
- Cucco M., Levi L., Maffei G. & Pulcher C., 1996. Atlante degli uccelli di Piemonte e Valle d'Aosta in inverno (1986-1992). Monografie XIX, Museo Regionale Scienze Naturali di Torino: 397 pp.^[1]_[SEP]
- Davies C.E., Moss D., Hill M., 2004 - EUNIS habitat classification revised 2004. Final Report to the European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity, European Environmental Agency.
<http://www.eea.europa.eu/themes/biodiversity/eunis/eunis-habitat-classification#tab-documents>
- Della Beffa G., Ebone A., Ferraris P., 2000 - Formazioni arboree lineari in Piemonte. Quaderni della Regione Piemonte - Montagna 31.
<http://www.regione.piemonte.it/foreste/it/pubblicazioni/84-pubblicazioni/monografie/734-formazioni-arboree-lineari-in-piemonte.html>
- Doncaster P., Rondinini C., Johnson P., 2001 - Field test for environmental correlates of dispersal in hedgehogs ***Erinaceus europaeus***. Journal of Animal Ecology 70, 33-46.
- Duprè E., 1996. Distribuzione potenziale del lupo (***Canis lupus***) in Italia e modelli di espansione dell'areale: un approccio multivariato sviluppato attraverso il GIS, Roma. Tesi di Dottorato di Biologia animale, Università degli Studi di Roma "La Sapienza"^[1]_[SEP]
- Ferrarato M., Vietti D., Maffiotti A., Sartore L., 2004. Valutazione del grado di connettività e permeabilità di un corridoio ecologico attraverso l'analisi COST DISTANCE, Siena . Atti del XIV Congresso nazionale della SitE (Società Italiana di Ecologia), Ottobre 2004.^[1]_[SEP]

- Franklin J., 2009. Mapping species distributions. Spatial inference and prediction. Cambridge University Press, Cambridge, UK.^{[L]_{SEP}}
- GRASS Development Team, 2015. [Geographic Resources Analysis Support System \(GRASS\) Software, Version 7.0.](#) Open Source Geospatial Foundation.^{[L]_{SEP}}
- GRASS Development Team, 2015. [Geographic Resources Analysis Support System \(GRASS\) User manual pages.](#) Open Source Geospatial Foundation.^{[L]_{SEP}}
- GRASS Development Team, 2003-2015. [GRASS GIS 7.0.1svn Reference Manual, r.cost](#)^{[L]_{SEP}}
- Mingozzi T., Boano G., Pulcher C. (a cura di), 1988. Atlante degli uccelli nidificanti in Piemonte e Val d'Aosta 1980-1984. Monografie VIII, Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino: 514 pp.^{[L]_{SEP}}
- A.A.V.V., 2012. [La connessione ecologica per la biodiversità. Corridoi ecologici tra Parco del Ticino e Parco del Campo dei Fiori.](#) LIPU – BirdLife Italia e Fondazione Lombardia per l'Ambiente^{[L]_{SEP}}
- Maffiotti A., Vietti D., Ferrarato M., 2007. [Conservation of biodiversity in the alpine lakes. Lakes management tools on a regional and local scale, Torino.](#) Interreg IIIB Alpine Space, Progetto Alplakes.
- Patthey P., 2003. Habitat and corridor selection of an expanding reed deer (*Cervus elaphus*) population. Université de Lausanne^{[L]_{SEP}}
- Rodriguez A., Andren H., 1999. A comparison of eurasian red squirrel distribution in different fragmented landscapes. The Journal of Applied Ecology 36, 649-662.^{[L]_{SEP}}
- Gietl R., Doneus M., Fera M., 2007. Cost Distance Analysis in an Alpine Environment: Comparison of Different Cost Surface Modules^{[L]_{SEP}}

- Sindaco R., Mondino G.P., Selvaggi A., Ebone A., Della Beffa G., 2003. [Guida al riconoscimento di ambienti e specie della Direttiva Habitat in Piemonte.](#) Regione Piemonte^{[1][2][SEP]}
- Trocchi V., Riga F., 2005. I Lagomorfi in Italia - Linee guida per la conservazione e gestione. Istituto Nazionale per la fauna selvatica "Alessandro Ghigi"^{[1][2][SEP]}
- Vietti D., Maffiotti A., Badino G., 2003. Applicazione su scala regionale di un modello di idoneità ambientale per i vertebrati: un esempio il lupo, Como. Atti del XIII Congresso nazionale della SitE (Società Italiana di Ecologia), Settembre 2003.^{[1][2][SEP]}
- Vietti. D., Maffiotti A., Sartore L., Ferrarato M., 2004. Realizzazione del Modello ecologico BIOMOD per l'identificazione della biodisponibilità di un territorio e degli impatti previsti sulla biodiversità animale, Siena. Atti del XIV Congresso nazionale della SitE (Società Italiana di Ecologia), Ottobre 2004.