

Sanitary aspects

DPSIR method

Water Quality

Water uses

Water Framework Directive

Monitoring



# CONSERVATION OF BIODIVERSITY IN THE ALPINE LAKES

Lake management tools on a regional and local scale

CONSERVAZIONE DELLA BIODIVERSITÀ NEI LAGHI ALPINI

Strumenti per la gestione degli specchi lacustri su scala regionale e locale

Restoration measures

Lakes types

Eutrophic

Water

Planning and manage





# CONSERVATION OF BIODIVERSITY IN THE ALPINE LAKES

Lake management tools on a regional and local scale

CONSERVAZIONE DELLA BIODIVERSITÀ NEI LAGHI ALPINI  
Strumenti per la gestione degli specchi lacustri su scala regionale e locale

Authors / Autori

**Alberto Maffiotti\*, Davide Vietti\*, Massimiliano Ferrarato\***

Project Team / Gruppo di Lavoro

**Enrico Rivella\*, Elena Fila-Mauro\*\*, Lucia Borasi\*, Chiara Molinari\*,  
Pierre Lefebvre\*, Laura Sartore\***

Scientific revision / Revisione Scientifica

**Guido Badino\*\*\*, Francesca Bona\*\*\***

Edited by / Coordinamento editoriale

**Paola Bianchi\*, Giovanni Teppa\***

\*Arpa Piemonte

\*\*Regione Piemonte

\*\*\*Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo

Images from the authors and Arpa Piemonte archives

*Immagini realizzate dagli autori o provenienti dall'archivio di Arpa Piemonte*

Graphic concept and design / Ideazione e progetto grafico

**La Réclame, Torino**

Translation / Traduzione

**Global Target, Torino**

Suggested bibliographic citation / Citazione bibliografica consigliata

**Maffiotti A., Vietti D., Ferrarato M.**

**“Conservation of biodiversity in the alpine lakes. Lakes management tools on  
a regional and local scale” - Interreg IIIB Alpine Space, Progetto Alplakes -  
Torino - 2007**

Further information / Per maggiori informazioni

**a.maffiotti@arpa.piemonte.it**



Printed on 100% recycled paper which has been awarded the European Ecolabel ecological quality mark; manufactured by paper mills registered in compliance with EMAS, the EU eco-management and audit system  
*Stampato su carta riciclata al 100% che ha ottenuto il marchio di qualità ecologica Ecolabel Europeo; prodotta da cartiere registrate secondo il sistema comunitario di ecogestione ed audit EMAS*

Printed in September 2007 by / Finito di stampare nel mese di settembre presso  
**L'Artistica Savigliano, Savigliano (Cuneo)**

ISBN 978-88-7479-063-0

Copyright © 2007, Arpa Piemonte  
Via della Rocca, 49 – 10123 Torino

Arpa Piemonte is not responsible for the use made of the information contained in this document. Reproduction is authorized when the source is indicated  
*Arpa Piemonte non è responsabile per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo documento. La riproduzione è autorizzata citando la fonte*

*to Luca and Rebecca,  
so that curiosity never abandon you  
in the exploring the wood, beyond the hill!!!*

*a Luca e Rebecca  
perchè la curiosità non vi abbandoni mai  
nell'esplorazione del bosco,  
al di là della collina!!!*





In late 2004, the Rhône-Alpes regional council decided to become lead partner of the Alplakes project, a cross-border network of lakes in the Alps. The decision followed an in-depth exploratory mission that convinced regional politicians of the need to and advantages of widening to a European scale the approach to issues raised by the conservation and enhancement of these great lakes, exceptional features of our natural heritage.

The programme, backed by the European Union's Community Initiative Programme "Interreg IIIB Alpine Space" has for three years brought together a diversity of European partners having some of the largest lakes in the Alpine arc in their territory, including the regions of Lombardy and the Veneto, the Provinces of Trento and Belluno, the Tourist District of the Lakes of Piedmont, the Piedmont Regional Environmental Protection Agency (Arpa), the National Institute of Biology of Slovenia, the Land and the Institute for Lake Research of Carinthia.

In Rhône-Alpes, the public interest group of the Great Lake Bourget, the Tourist Information Office of Aix-les-Bains, the Lake Annecy Mixed Syndicate and the Rhône-Alpes Tourist Engineering Mission (MITRA), all institutions that manage and enhance these sites' rich lakeside spaces and resources, are also involved in the network alongside the Regional Council. The Provence-Alpes-Côte d'Azur region and the Chablais inter-district planning authority have for their part joined the network as observers.

The main objectives around which the network has united were to encourage exchanges of experience between the different levels of local authorities involved in

*Alla fine del 2004, il consiglio regionale di Rhône-Alpes ha deciso di assumere la posizione di capofila all'interno del progetto Alplakes, una rete trans-frontaliera dei laghi presenti nelle Alpi. La decisione ha seguito una missione esplorativa approfondita che ha convinto i politici regionali della necessità ed dei vantaggi di allargare su scala Europea l'approccio ai problemi sollevati dalla conservazione e dal rafforzamento di questi importanti laghi, eccezionali aspetti della nostra eredità naturale*

*Il progetto, sostenuto dal programma di iniziativa comunitaria dell'Unione Europea "Interreg IIIB Alpine Space", ha riunito per tre anni diversi partners Europei caratterizzati dall'ospitare all'interno delle loro regioni alcuni fra i più grandi laghi dell'arco Alpino, incluse le regioni della Lombardia e del Veneto, le province di Trento e di Belluno, il Distretto Turistico dei Laghi del Piemonte, l'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte (Arpa), l'Istituto Nazionale di Biologia della Slovenia, la Carinzia e il suo Istituto per la Ricerca del Lago.*

*In Rhône-Alpes sono inoltre coinvolti nella rete accanto al Consiglio Regionale il gruppo di interesse pubblico del Grande Lago Bourget, l'Ufficio di Informazioni Turistiche di Aix-les-Bains, il Sindacato Misto del Lago Annecy e la Missione di Ingegneria Turistica di Rhône-Alpes (MITRA), tutte istituzioni che gestiscono e migliorano questi luoghi ricchi di spazi e risorse sulle rive lacustri. La Regione Provence-Alpes-Côte d'Azur e l'autorità competente per l'assetto territoriale dell'inter-distretto di Chablais hanno preso parte alla rete come osservatori.*

*Gli obiettivi principali verso i quali la rete si è indirizzata erano sostenere gli scambi di esperienza fra i differenti livelli delle autorità locali coinvolte nel ripristino e nel migliora-*



restoring and enhancing lakeside heritage locations, as well as to initiate joint promotion, awareness or pilot experimental initiatives based on sustainable development principles.

An initiative of this nature is always a gamble, insofar as the role of the different levels of local authorities and other public institutions varies considerably from one European country to another, which results in a great diversity of contexts in which public action is organized. The scope of the research conducted as part of a comparative approach can thus be limited at times.

That is why I am particularly happy to be given the opportunity to ask you to discover the results achieved by the operational working party attached to develop a method in order to value and to preserve the biodiversity in the alpine lakes.

The work on this theme, carried out according to a rigorous methodology and the fruit of a participatory approach, has produced very valuable results. Thanks to it we now have a range of tools which the network members will be able to use to work out new policies in line with the principles of sustainable development.

For the Rhône-Alpes region, this work represents a contribution to the implementation of the general principles it has laid down, both to make Rhône-Alpes an “eco-region” and, through its regional mountain strategy, to enhance the specific assets of its mountainous areas while respecting their natural and cultural heritage.

I would like to warmly thank all our partners on the programme who have spared no effort to nurture this partnership and ensure a joint production of quality, of which this work is glowing proof.

Sylvie Gillet de Thorey  
*Vice President of the Rhône-Alpes regional council, responsible for tourism and the mountains*

*mento dei luoghi che caratterizzano le rive dei laghi quale patrimonio culturale, come pure promuovere la diffusione comune, la consapevolezza o le iniziative sperimentali pilota basate sui principi dello sviluppo sostenibile. Un'iniziativa di questa natura è sempre un rischio, in quanto il ruolo dei differenti livelli delle autorità locali e di altre istituzioni pubbliche varia considerevolmente da un paese europeo all'altro, il che comporta una grande diversità dei contesti in cui l'azione pubblica è organizzata. L'ambito della ricerca condotta come componente di un metodo comparativo può risultare in questo modo occasionalmente limitata.*

*Ecco perché sono particolarmente felice di aver ricevuto l'opportunità di chiedervi di mostrare i risultati ottenuti attraverso il gruppo di lavoro operativo coinvolto nello sviluppo di un metodo in grado di valutare e preservare la biodiversità dei laghi alpini.*

*Il lavoro realizzato su questo tema, sviluppato secondo una metodologia rigorosa e frutto di un approccio partecipe, ha fornito risultati molto importanti. Grazie ad esso ora possediamo una gamma di strumenti che i membri della rete potranno utilizzare per mettere a punto nuove politiche in linea con i principi dello sviluppo sostenibile.*

*Per la regione Rhône-Alpes, questo lavoro rappresenta un contributo all'implementazione dei principi generali individuati sia per rendere Rhône-Alpes “una eco-regione”, sia, con la relativa strategia regionale della montagna, per migliorare le attività specifiche delle sue aree montane rispettando la loro eredità naturale e culturale.*

*Vorrei ringraziare calorosamente tutti i nostri partners del programma che non si sono risparmiati alcuno sforzo per consolidare questa associazione ed accertare una produzione unita di qualità, di cui questo lavoro è prova chiara e inequivocabile.*

Sylvie Gillet de Thorey  
Vice Presidente del consiglio regionale di Rhône-Alpes, responsabile per il turismo e le montagne



This project has received European Regional Development Funding through the INTERREG IIB Community initiative



Interreg III B



In the Community Initiative INTERREG III Alpine Space B, Arpa Piemonte, as partner of Alplakes Project, developed a methodology in order to value the biodiversity degree in the areas interested by lakes in Piedmont region as indicator used for the establishment of Environmental Balance Sheet applied to small lakes and surrounding territory.

Many environmental pressures subject the lake to the potential risk of loss of flora and fauna: such methodology of surveying allow to evidence habitat characterized by a different suitability degree for all species and for the different classes of vertebrates, on the basis of the present resources and the influence of human and natural pressures in the territory, limiting or inhibiting the development of the biological cycle of studied species.

The Convention on Biodiversity, elaborated in Rio de Janeiro in 1992, asserts the intrinsic value of the biological diversity and its different components, recognizing, as well, that the ecosystem and natural environment protection in situ, through conservation and reconstruction of population of important species living in their natural environment, is the fundamental exigency for the conservation of biological diversity.

Because of this, the necessity of develop a method in order to encourage the conservation of lake biodiversity was born, protecting the natural resources fundamental for future generations and warranting the survival of the earth.

Vincenzo Coccolo  
Arpa Piemonte General Manager

*Nell'ambito dell'iniziativa comunitaria INTERREG IIB Alpine Space Arpa Piemonte, in qualità di partner del Progetto Alplakes, ha sviluppato una metodologia in grado di valutare, nelle aree caratterizzate da laghi presenti nella regione Piemonte, il grado di biodiversità presente quale indicatore utilizzato nella messa a punto del Bilancio Ambientale Territoriale applicato ai piccoli laghi.*

*Le numerose pressioni ambientali sottopongono il lago al potenziale rischio di perdita della flora e della fauna che lo caratterizzano: tale metodologia di indagine permette di evidenziare habitat a diverso grado di affinità per le singole specie e per le diverse classi di vertebrati, sulla base delle risorse presenti e dell'influenza dei fattori antropici e naturali che insistono sul territorio limitando o inibendo lo sviluppo del ciclo biologico proprio delle specie in esame.*

*La Convenzione sulla Biodiversità, elaborata a Rio de Janeiro nel 1992, afferma il valore intrinseco della diversità biologica e dei suoi vari componenti riconoscendo, inoltre, che l'esigenza fondamentale per la conservazione della diversità biologica consiste nella salvaguardia in situ degli ecosistemi e degli habitat naturali, col mantenimento e la ricostruzione delle popolazioni di specie vitali nei loro ambienti naturali.*

*In quest'ottica nasce l'esigenza di mettere a punto un metodo in grado di promuovere la conservazione della biodiversità a livello perilacuale, tutelando le risorse naturali essenziali per le generazioni future e garantendo la sopravvivenza della terra.*

Vincenzo Coccolo  
Direttore Generale di Arpa Piemonte





## Alplakes general presentation

The lakes in the Alpine space have many common features which forge a specific identity. They have common physical, ecological, socio-economical characteristics. The lakes all have cultural significance and are highly attractive on an emotive and economic level. Because of this, they concentrate a large range of uses on their water surface area, and a high level of human settlement in the surrounding area – high population density and large towns – and various and diversified activities which put considerable detrimental pressure on the natural surroundings and the lake itself.

The resulting challenge is large-scale: how can the development of the lake areas be reconciled with maintaining their ecological and hydrological assets in the long-term? The problems experienced in managing these lake areas, by the regional and local authorities responsible for them, seem quite similar, but the difficulties and the solutions found in response by each authority are relatively unknown to the others, to the concerned populations and too often relatively unknown to the associated lake areas managers. Furthermore, the cooperation projects themselves, including joint promotion, are weak.

This network aims to stimulate exchange between the various relevant communities by networking them in order to help them pool their assets and strengths in synergies with a view to sustainable development.

## Alplakes presentazione generale

*I laghi presenti all'interno dello spazio Alpino presentano numerosi aspetti comuni, creando una specifica identità. Essi possiedono caratteristiche fisiche, ecologiche, socio-economiche comuni. I laghi mostrano un rilevante significato culturale e risultano particolarmente interessanti dal punto di vista economico ed emotivo. Per questo motivo le superfici lacustri vengono largamente utilizzate nei più svariati modi, e nei territori circostanti sono particolarmente sviluppati gli insediamenti antropici - densità di popolazione alta e insediamenti abitativi numerosi – e diverse attività; le pressioni che ne derivano agiscono negativamente sui territori naturali e sul lago stesso.*

*La sfida risultante è su larga scala: in che modo è possibile conciliare lo sviluppo delle aree intorno ai laghi mantenendo nel tempo il loro naturale assetto ecologico ed idrologico? I problemi incontrati nella gestione di queste aree lacustri, attraverso le autorità locali e regionali responsabili di queste aree, risultano essere abbastanza simili, ma le difficoltà e le soluzioni adottate come risposte dalle autorità sono relativamente sconosciute, per quanto riguarda le popolazioni, e troppo spesso relativamente sconosciute ai gestori associati delle aree lacustri. Inoltre i progetti di cooperazione, inclusa la promozione comune, risultano essere poco diffusi.*

*Lo scopo di questa rete è quello di stimolare lo scambio tra varie comunità significative attraverso la rete stessa, al fine di aiutarle riunendo i vantaggi e gli svantaggi in sinergia con i principi dello sviluppo sostenibile.*



## Index

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
1.1	Preface	4
1.2	Biodiversity and the management of natural resources	4
1.3	The situation in Italy	7
1.4	Lake biodiversity	9
1.5	Nature 2000	10
1.6	The ecological networks	11
1.7	Ecological networks and biodiversity	13
<b>2</b>	<b>Instruments and methods for the technical support of environmental analysis activities</b>	<b>17</b>
2.1	Biopotentiality models	18
2.2	Using territorial information systems to analyze territorial biopotentiality locally	23
2.3	Methodology adopted for developing bioavailability models of the territory (BIOMOD model)	25
2.4	Components of the BIOMOD model: cartographic data and databases used	45
<b>3</b>	<b>Identifying the elements of the ecological network on a regional and local scale</b>	<b>59</b>
3.1	General aspects	60
3.2	Methodology used to define the ecological network currently existing on the territory	69
<b>4</b>	<b>Elaborated ecological models</b>	<b>77</b>
4.1	BIOMOD	78
4.2	Models of potential biodiversity	88
4.3	FRAGM Ecological model	89
<b>5</b>	<b>Bibliography</b>	<b>93</b>

## Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>3</b>
1.1	Premessa	4
1.2	La biodiversità e la gestione delle risorse naturali	4
1.3	La situazione in Italia	7
1.4	La biodiversità dei laghi	9
1.5	Natura 2000	10
1.6	Le reti ecologiche	11
1.7	Reti ecologiche e biodiversità	13
<b>2</b>	<b>Strumenti e metodi per il supporto tecnico alle attività di analisi ambientale</b>	<b>17</b>
2.1	Modelli di idoneità dell'habitat e di biodiversità potenziale	18
2.2	L'utilizzo dei sistemi informativi territoriali per l'analisi della biodiversità territoriale a livello locale	23
2.3	Metodologia adottata per lo sviluppo di modelli ecologici per la gestione della fauna (modello BIOMOD)	25
2.4	Componenti del modello BIOMOD: dati cartografici e banche dati utilizzati	45
<b>3</b>	<b>Individuazione degli elementi della rete ecologica a scala regionale e locale</b>	<b>59</b>
3.1	Aspetti generali	60
3.2	Metodologia proposta per l'individuazione della rete ecologica esistente sul territorio	69
<b>4</b>	<b>Modelli ecologici elaborati</b>	<b>77</b>
4.1	BIOMOD	78
4.2	Modelli di biodiversità potenziale	88
4.3	Modello ecologico FRAGM	90
<b>5</b>	<b>Bibliografia</b>	<b>93</b>



# 1

**Introduction**

***Introduzione***

## 1.1 Preface

On the occasion of EU Community Initiative INTERREG III B Alpine Space Programme as regard Alplakes Project ([www.alplakes.org](http://www.alplakes.org)) a method in order to monitor and to assess lake environmental state of resource and the human pressures has been developed: in this way it is possible to find the pressures in the “small lakes” of Piedmont region.

The Alplakes project is divided in Work-Packages, most of them are based on an international cooperation between partners and on the implication of operators and lakes managers. The Work-package 5 (Shared and coordinated observations of lakes and lakeside environment) has been divided in mean actions, one of which (Action 6) was the “specific approach for small lakes”. By consequence, after defining the concept of “small lake”, Arpa Piemonte worked through a specific approach for small lakes of Piedmont region (Environmental territorial balance sheet (TEB): specific approach to small lakes and surrounding territories). As regards “TEB”, it was necessary to calculate biodiversity of the lakes and of territories interested by lakes: for this reason, a method to estimate lake biodiversity has been developed, and the lake biodiversity has been used in order to value environmental state: this document describes this method developed in order to document the natural resources present in the areas of small lakes, populated and shared areas, very used as regard tourism sector.

## 1.2 Biodiversity and the management of natural resources

It is not easy to define biodiversity in simple terms that include all its multiform aspects.

## 1.1 Premessa

*Nell’ambito dell’iniziativa comunitaria INTERREG III B Programma Spazio Alpino, all’interno del Progetto Alplakes ([www.alplakes.org](http://www.alplakes.org)) è stata sviluppata una metodologia al fine di monitorare e valutare lo stato ambientale e i carichi antropici agenti su alcuni piccoli laghi della Regione Piemonte.*

*Il progetto Alplakes è diviso in Pacchetti di attività, molti dei quali basati su una cooperazione internazionale tra partner e sull’implicazione di operatori e gestori dei laghi. Il pacchetto di attività 5 (Osservazioni coordinate e condivise sui laghi e sui territori circostanti) è stato diviso in azioni, una delle quali (Azione 6) era intitolata “Approccio specifico ai piccoli laghi”.*

*Conseguentemente, dopo la messa a punto della definizione di “piccolo lago”, Arpa Piemonte ha lavorato, attraverso un approccio specifico, sui piccoli laghi della regione Piemonte (Bilancio Ambientale Territoriale (BAT): approccio specifico ai piccoli laghi e ai territori circostanti).*

*Per quanto riguarda il “BAT” è stato necessario calcolare la biodiversità dei laghi e dei territori ad essi circostanti: tale biodiversità è stata usata per valutare lo stato dell’ambiente: questo documento descrive il metodo sviluppato al fine di documentare le risorse naturali presenti nell’area dei piccoli laghi luoghi abitati e condivisi, ampiamente utilizzati in termini turistici.*

## 1.2 La biodiversità e la gestione delle risorse naturali

*Non è facile definire la biodiversità in modo semplice e comprensivo dei suoi multiformi*



Normally ecologists use the term to refer to the many different beings living on our planet as the result of evolutionary life processes occurring in a span of over three billion years.

According to the modern interpretation by E.O. Wilson (1992), which is useful for applied purposes, biodiversity is ... "the variety of ecosystems that include the community of living organisms within their particular habitats, and the physical conditions in which they live ...".

The English word 'biodiversity' includes the concepts of variety and multiplicity, unlike the literal translation into Italian, which has a different meaning and a negative connotation related to the concept of something that deviates from the standard of reference. Though it is more proper to use the term "biovarietà", in this study we will use the term "biodiversità" (biodiversity) referring to an aspect of the environmental context that in the past few years has most aroused the interest of the scientific community to the point of becoming one of the three main global emergencies singled out by the United Nations Conference on Environment and Development in Rio de Janeiro in 1992 and, consequently, the subject of the Convention founded for that purpose. The latter, approved and made effective in Italy by Law No. 124 of 14/2/1994, reinforces the "awareness of the intrinsic value of biological diversity and its ecological components ... and... the basic need of the in situ conservation of ecosystems and natural habitats and the maintenance and reconstruction of vital populations and species in their natural environments".

This awareness comes from a better understanding of the "environment system" as a whole, i.e. knowledge about nature deriving from a holistic approach that appreciates both its structural and functional aspects.

Article 7 of the aforementioned Convention declares that the member countries are obliged to "... identify the major components of biodiversity for the conservation and sustain-

*aspetti. Normalmente con questo termine gli ecologi si riferiscono alla molteplicità dei vari esseri attualmente viventi sul nostro pianeta, quale risultato dei complessi processi evolutivi della vita in più di tre miliardi di anni.*

*Secondo la moderna interpretazione di E.O. Wilson (1992), utile da un punto di vista applicativo, la biodiversità rappresenta... "la varietà degli ecosistemi, che comprendono sia le comunità degli organismi viventi all'interno dei loro particolari habitat, sia le condizioni fisiche sotto cui essi vivono...".*

*Si può osservare che il termine inglese biodiversity riesce a cogliere i concetti di varietà e molteplicità, al contrario della traduzione letterale in italiano, che ha un significato diverso, una connotazione negativa legata al concetto di qualcosa che si allontana da uno standard di riferimento. Pur essendo più corretto usare il termine biovarietà, in questo studio adotteremo il termine biodiversità riferendoci ad un aspetto del contesto ambientale che negli ultimi anni ha maggiormente coinvolto l'interesse della comunità scientifica al punto da diventare una delle tre principali emergenze, a livello globale, individuate dalla Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo sviluppo di Rio de Janeiro del 1992 e, pertanto, oggetto di apposita Convenzione. Quest'ultima, approvata e resa esecutiva in Italia dalla Legge n. 124 del 14/2/1994, rafforza la "consapevolezza del valore intrinseco della diversità biologica e dei suoi componenti ecologici... e... l'esigenza fondamentale della conservazione in situ degli ecosistemi e degli habitat naturali e del mantenimento e ricostruzione delle popolazioni e delle specie vitali nei loro ambienti naturali".*

*Questa consapevolezza deriva da una maggiore comprensione del "sistema ambiente" nella sua totalità, vale a dire dalla conoscenza della natura derivata da un approccio di tipo olistico in grado di coglierne sia gli aspetti strutturali, sia quelli funzionali.*

*Nell'articolo 7 della suddetta Convenzione si dichiara che i Paesi contraenti sono tenuti ad "... identificare le componenti della biodiver-*

nable use of natural resources, ... the processes and categories of activity that have, or are likely to have, significant negative impacts on the conservation and sustainable use of the biodiversity...".

The safeguard and monitoring of the biological heritage must consider the state of the ecosystems and their variations throughout time, without ignoring the administrative policies, plans and programs that govern the use of the territory, for example through the adoption of the Directive for V.A.S (Directive 2001/42/CE).

As mentioned earlier, in 1992, with the signing of the Rio de Janeiro Convention on Biodiversity, all the member states of the European Community recognized the in situ conservation of the ecosystems and natural habitats as a priority to pursue, and set the goal to **"anticipate, prevent and quell at the source the causes of significant reduction or less of biological diversity** in consideration of its intrinsic value and ecological, genetic, social, economic, scientific, educational, cultural, recreational and aesthetic values".

This vision is expressed on a legislative level in the two EC directives "Habitats" (92/43/CEE) and "Birds" (79/409/CEE) which represent the principal innovating instruments of the legislation on the subject of nature and biodiversity conservation. They show the importance of a vision that protects biodiversity through an approach on a broad geographical scale; therefore it is recognized that the conservationist approach addressing only the threatened species is obsolete and must be supported by actions aimed at protecting the entire ecological diversity in all its components: genetic species and ecosystem.

Based on these considerations, the European Union, in Art. 3 of the "Habitat" Directive, sanctions the building of a *European ecological network* called Nature 2000.

The knowledge acquired in the past few years in the field of conservation ecology

*sità importanti per la conservazione e l'uso sostenibile delle risorse naturali, ... i processi e le categorie di attività che hanno o possono probabilmente avere impatti negativi significativi sulla conservazione e l'uso sostenibile della biodiversità...".*

*Le attività di salvaguardia e monitoraggio del patrimonio biologico devono considerare lo stato degli ecosistemi e le loro variazioni nel tempo, senza tralasciare l'attenzione verso le politiche, i piani e i programmi amministrativi che governano l'uso del territorio, ad esempio attraverso l'adozione della Direttiva per la V.A.S (Direttiva 2001/42/CE).*

*Come già detto, nel 1992, con la sottoscrizione della Convenzione di Rio sulla Biodiversità, tutti gli stati Membri della Comunità Europea hanno riconosciuto la conservazione in situ degli ecosistemi e degli habitat naturali come priorità da perseguire, ponendosi come obiettivo quello di **"anticipare, prevenire e attaccare alla fonte le cause di significativa riduzione o perdita della diversità biologica** in considerazione del suo valore intrinseco e dei suoi valori ecologici, genetici, sociali, economici, scientifici, educativi, culturali, ricreativi ed estetici".*

*Tale visione si esplicita a livello normativo nelle due direttive comunitarie "Habitat" (92/43/CEE) e "Uccelli" (79/409/CEE) che rappresentano i principali strumenti innovatori della legislazione in materia di conservazione della natura e della biodiversità. In esse si coglie l'importanza di una visione di tutela della biodiversità attraverso un approccio ad ampia scala geografica; si riconosce quindi che l'approccio conservazionistico rivolto unicamente alle singole specie minacciate è superato e deve essere affiancato da azioni volte alla tutela di tutta la diversità ecologica, nelle sue componenti: genetica, di specie e di ecosistemi.*

*Sulla scorta di tali considerazioni, l'Unione Europea, nell' art. 3 della Direttiva "Habitat", sancisce la costituzione una rete ecologica europea denominata Natura 2000.*

*Le conoscenze acquisite negli ultimi anni nel*



and biology have demonstrated that, for the protection of habitats and species, it is necessary to adopt a perspective based on a network of areas that represent, with the vital populations and adequate surfaces, all the species and habitats typical of Europe, with their geographic variables and differences. Another purpose of determining a network is to ensure the continuity of the migratory and genetic flows of the various species and guarantee the long-term functionality of their natural habitats.

Additional initiatives have contributed to spreading the concept of ecological network in Europe. Among the most important are Econet (1991), aimed at realizing a Pan-European network for protected and rural areas, Iene (1999) for the improvement of infrastructures according to conservation policies and Lynx (1996) for the exchange of information on ecology networks.

### 1.3 The situation in Italy

Due to its geographic position, intense orographic development and the ecological evolution that it has manifested throughout time, Italy has higher levels of biodiversity than the rest of Europe. For example in the Western Alps, within a few dozen kilometers it is possible to go from a Mediterranean biome to the perennial snows of the highest peaks, passing through hardwood forests, conifers and Alpine meadows.

The consequence of all this is a notable variety in the quality and quantity of flora and fauna, though all of these are not yet fully appreciated in terms of knowledge about them and in considering them usable ecological resources.

As regards the zoological aspects, we must mention the historical contributions to the knowledge of teriofauna (Toschi, 1965; Groppali et al., 1983; Pavan, 1983), of avi-

*campo dell'ecologia e della biologia della conservazione hanno messo in evidenza come, per la tutela di habitat e specie, sia necessario operare in un'ottica di rete di aree che rappresentino, con popolazioni vitali e superfici adeguate, tutte le specie e gli habitat tipici dell'Europa, con le loro variabilità e diversità geografiche. La costituzione di una rete è finalizzata inoltre ad assicurare la continuità dei flussi migratori e genetici delle varie specie e a garantire la funzionalità a lungo termine degli habitat naturali.*

*Ulteriori iniziative hanno contribuito alla diffusione del concetto di rete ecologica in Europa. Tra le più importanti si possono ricordare Econet (1991), volta alla realizzazione di una rete PANeuropea per le aree protette e rurali, Iene (1999), per il miglioramento delle infrastrutture secondo politiche di conservazione e Lynx (1996), per lo scambio di informazioni sulle reti ecologiche.*

### 1.3 La situazione in Italia

*Il nostro Paese, a ragione della sua posizione geografica, dell'intenso sviluppo orografico e dell'evoluzione ecologica che ha mostrato nel tempo, possiede livelli di biodiversità elevati rispetto al contesto europeo. Ad esempio nelle Alpi occidentali in poche decine di chilometri è possibile passare dal bioma mediterraneo alle nevi perenni delle cime più alte, passando attraverso i boschi di latifoglie, di conifere e le praterie alpine.*

*La conseguenza di ciò è una ricchezza floristica e faunistica notevole, in termini quantitativi e qualitativi, anche se non ancora pienamente valorizzata, sia a livello di conoscenza, sia di risorsa ecologicamente utilizzabile.*

*Per gli aspetti zoologici è doveroso citare i contributi ormai "storici" forniti alla conoscenza della teriofauna (Toschi, 1965; Groppali et al., 1983; Pavan, 1983), dell'avi-*

fauna (Zangheri and Pasa, 1969; Brichetti, 1979; Frugis and Schenk, 1981; Brichetti and Massa, 1984), and herpetological fauna (Bruno, 1984), etc.

In general as regards the faunistic data we must point out that presence of a species can be represented by polygons or dots, in other words it can refer to certain areas where the species has been singled out or specific locations. It can also be mono/bibliographic information but this is often limited to one or a few taxa per circumscribed geographic district (a province, a mount, an Alpine valley, etc.), while only recently have levels of study been developed to define the status of animal populations or communities on a national or regional level.

Regarding the botanical aspects, besides the first works and studies of the Italian Botanical Society in the 1970s (Società Botanica Italiana 1971, 1972, 1979), we would like to point out the precious contribution which this society has provided more recently (Pirola, 1988) in classifying the results of one century of botanical research in Italy for the purpose of drawing up documents and atlases for each individual species on a national level.

The first important database on Italian flora was realized in 1980 by Pignatti, in collaboration with the Institute for the Applications of Calculations, by means of a census-taking of all the Italian species (over 6000), a series of biological descriptors (morphology, chorology) and ecological descriptors (environment, altitude, regional distribution). This database was subsequently enriched by further research and investigations and represents a benchmark today.

If we want to use all the knowledge at our disposal regarding our national natural heritage for the primary purposes of the conservation of biodiversity, as well as for planning environmental improvement actions, we must divide the various levels of investigation, from the basic zoogeography and phytogeography to the study of

*fauna (Zangheri e Pasa, 1969; Brichetti, 1979; Frugis e Schenk, 1981; Brichetti e Massa, 1984), e della fauna erpetologica (Bruno, 1984), etc.*

*In generale, per quanto riguarda i dati faunistici, occorre ricordare che le informazioni sulla presenza di una specie possono essere di tipo poligonale o puntiforme, ovvero riferite a determinate aree di individuazione di una specie o a specifiche località, oppure di tipo mono/bibliografico, però spesso limitate a uno o pochi taxa per comprensori geografici circoscritti (una provincia, un monte, una valle alpina, etc.), mentre solo recentemente sono stati sviluppati livelli di indagine volti a definire lo status di popolazioni o di comunità animali a livello nazionale e regionale.*

*Riguardo gli aspetti botanici invece, a parte i primi lavori e studi della Società Botanica Italiana degli anni settanta (Società Botanica Italiana 1971, 1972, 1979), va ricordato il prezioso contributo che la stessa Società ha fornito più recentemente (Pirola, 1988) nel classificare i risultati di un secolo di ricerche botaniche in Italia al fine di redigere documenti e atlanti per le singole specie a livello nazionale.*

*Una prima importante base di dati riguardante la flora italiana è stata realizzata nel 1980 da Pignatti, in collaborazione con l'istituto per le Applicazioni del Calcolo, tramite un censimento di tutte le specie italiane (oltre 6.000), una serie di descrittori biologici (morfologia, corologia) ed ecologici (ambiente, altitudine, distribuzione regionale). Questa base di dati è stata successivamente arricchita, mediante ulteriori ricerche ed approfondimenti e rappresenta ad oggi un punto di riferimento.*

*Se si vuole fare uso di tutte le conoscenze a disposizione sul patrimonio naturale nazionale ai fini primari della conservazione della biodiversità, oltre che per scelte di indirizzo alla pianificazione o per azioni di risanamento ambientale, occorre suddividerle su livelli diversi di approfondimento, da quello zoogeografico e fitogeografico di base a quello*

populations and communities.

It is also necessary to organize this knowledge by connecting it to a general computerized system for filing the data in order to connect the information to the territory, taking into account the unequal distribution of research and results. In this way it will be possible to systematize and enhance past results and research as a function of the priority goal of standardizing the various methodologies for data acquisition. The aim is to achieve an ever more effective way of learning about and protecting our national natural heritage for the purpose of evaluating the state of conservation of biodiversity and determining anthropic and natural pressures while identifying the critical and sensitive areas of the territory.

## 1.4 Lake biodiversity

Lakes hold almost 90% of the liquid surface freshwater on earth, and are major regulators in global carbon, nitrogen and phosphorus cycles (Shiklomanov, 1993). Lakes are important reservoirs for freshwater, purifiers of terrestrial wastes, and zones for aquifer recharge, and provide critical floral and faunal habitat. Lakes provide critical habitat for fish, crustaceans, molluscs, turtles, amphibians, birds, mammals, insects and aquatic plants, and support biodiversity on surrounding land. Many pressures, at local and/or world level influenced the lake ecosystem, creating a real risk condition. Diversion of lake water for use in irrigation and industry, invasions of plant and animal exotic species, and contamination by toxics and nutrients from industry, farms, sewage, and urban runoff are common on a scale today that significantly threatens lake ecosystems. In most parts of the world anthropogenic

*dello studio popolazionale e delle comunità. È necessario pertanto organizzare tali conoscenze collegandole a un sistema generale informatizzato di archiviazione dei dati, in modo da vincolare le informazioni al territorio, tenendo conto dell'ineguale distribuzione delle ricerche e dei risultati. In questo modo è possibile sistematizzare e valorizzare le ricerche ed i risultati passati, in funzione dell'obiettivo prioritario di una standardizzazione delle diverse metodologie di acquisizione dei dati, in vista di una sempre più efficace conoscenza e protezione del patrimonio naturale nazionale, intenta a valutare lo stato di conservazione della biodiversità e ad individuare le pressioni antropiche e naturali, identificando le aree critiche e sensibili del territorio.*

## 1.4 La biodiversità dei laghi

*I laghi contengono quasi il 90% dell'acqua dolce presente sulla terra (Shiklomanov, 1993), e sono i maggiori regolatori nei cicli del carbonio, nitrogeno e fosforo. Gli specchi lacustri si comportano sia come importanti serbatoi di acqua dolce, sia come depuratori, ricaricando le falde acquifere sotterranee. I laghi forniscono habitat strategici per pesci, crostacei, molluschi, anfibi, uccelli, mammiferi, insetti e piante acquatiche e permettono il mantenimento della biodiversità nelle terre circostanti. L'ecosistema lago, a livello locale come a livello mondiale, risulta essere influenzato da troppe pressioni che lo sottopongono ad una reale condizione di rischio. I diversi usi delle acque lacustri per irrigazione e industria, l'invasione di piante, e la contaminazione di sostanze tossiche e nutrienti proveniente dall'industria, dalle aziende agricole e dai carichi antropici sono alcuni dei fattori che attualmente minacciano l'ecosistema lago. Nella maggior parte del mondo l'impatto dovuto a pressioni antropiche si è ampiamente dif-*

impacts on lakes are spreading geographically and becoming more intense in quantity and quality due to human population increases and the globalization of trade, which has increased deforestation and the use of pesticides and fertilizers, and has spurred the spread of invasive species (Ayres et al., 1996).

Despite its importance, freshwater biodiversity continues to be fairly invisible in global conservation initiatives. Although freshwater issues in general have garnered increasing interest in the last five years, there continues to be little focus specifically on lake conservation, despite lakes' critical role in the freshwater cycle.

This work suggests a method in order to identify biodiversity of lake territories and the impacts predicted as regard the animal biodiversity, in order to highlight the capability level of animal species to different habitats.

Experimentation interested the whole Province of Turin, particularly as regard the areas interested by small lakes (Avigliana Grande e Avigliana Piccolo, Ceresole Reale, Candia Canavese), delicate and sensitive areas because small size of catchment area of the lakes and important load which they are submitted.

## 1.5 Nature 2000

Nature 2000 is the name which the Council of Ministers of the European Union has designated for the coordinated and rational system (a "network") of areas destined to the conservation of biological diversity present on the territory of the European Union and in particular for the protection of certain habitats and animal and plant species indicated in Annexes I and II of the "Habitat" Directive 92/43/CEE.

The sites to be proposed were determined in

*fuso iniziando a diventare sempre più intenso in termini qualitativi e quantitativi, a causa dell'aumento della popolazione e della diffusione delle attività commerciali e industriali, che hanno aumentato la deforestazione e l'uso di pesticidi, stimolando la diffusione di specie invasive (Ayres et al., 1996)*

*Nonostante la sua reale importanza, la biodiversità delle acque dolci continua ad essere ancora poco considerata all'interno delle iniziative riguardanti la conservazione globale della biodiversità. Sebbene le tematiche riguardanti le acque dolci negli ultimi 5 anni abbiano riscontrato maggior interesse, quelle riguardanti i laghi suscitano ancora troppo poco interesse, nonostante il ruolo critico dei laghi all'interno del ciclo delle acque dolci. Questo lavoro suggerisce una metodologia per identificare la biodiversità del territorio lacustre e degli impatti previsti sulla biodiversità animale, permettendo di evidenziare il livello di attitudine delle singole specie animali ai diversi habitat.*

*La sperimentazione ha coperto tutta la Provincia di Torino, con particolare riguardo alle aree interessate da piccoli laghi (Avigliana Grande e Avigliana Piccolo, Ceresole Reale, Candia Canavese), aree particolarmente delicate e vulnerabili date le modeste dimensioni dei bacini idrografici relativi ai laghi e il notevole carico antropico a cui esse sono sottoposte.*

## 1.5 Natura 2000

*Natura 2000 è il nome che il Consiglio dei Ministri dell'Unione Europea ha assegnato ad un sistema coordinato e coerente (una "rete") di aree destinate alla conservazione della diversità biologica presente nel territorio dell'Unione stessa ed in particolare alla tutela di una serie di habitat e di specie animali e vegetali, indicati negli allegati I e II della Direttiva "Habitat" la 92/43/CEE.*

*L'individuazione dei siti da proporre è stata realizzata in Italia nei primi anni novanta dalle*



Italy in the early 1990s by the autonomous regions and provinces in a process that was coordinated centrally, which converged later in the current phases of protection, management and implementation of plans and projects for sustainable development.

The activities carried out are all aimed at improving our knowledge about nature on the Italian territory. In particular regarding the regional territory these range from the realization of checklists for the species to the description of the vegetational pattern of the territory, from the realization of databases on the distribution of the species to the launch of projects for monitoring the naturalistic heritage, and putting out popular and scientific publications and contributions.

Moreover, the decree of the Ministry of Environment and Territorial Protection of 3 September 2002, published in Gazzetta Ufficiale No. 224 of 24 September 2002 issued the policies for the management of sites of EU interest and zones under special protection determined according to directives 92/43/CEE (habitat) and 79/409/CEE (birds).

These policies were born of the need to interpret and apply on a national level the indications provided by the European Parliament and the European Commission regarding the conservation of biodiversity.

They are situated within a national strategy aimed at learning about the Italian naturalistic heritage, also through the preparation of informational systems and databases that serve to attain, with the participation of all the interested territorial bodies, the conservation of our natural resources compatibly with socioeconomic development.

## 1.6 The ecological networks

The proper approach for analyzing the priority naturalistic elements and areas

*singole Regioni e Province autonome in un processo coordinato a livello centrale, confluito poi nelle attuali fasi di tutela, gestione ed attivazione di piani e progetti di sviluppo sostenibile.*

*Le attività svolte, tutte finalizzate al miglioramento delle conoscenze naturalistiche sul territorio nazionale ed in particolare relativamente al territorio regionale, vanno dalla realizzazione delle check-list delle specie alla descrizione della trama vegetazionale del territorio, dalla realizzazione di banche dati sulla distribuzione delle specie all'avvio di progetti di monitoraggio sul patrimonio naturalistico, alla realizzazione di pubblicazioni e contributi scientifici e divulgativi.*

*Inoltre, con il decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio 3 settembre 2002 - pubblicato in Gazzetta Ufficiale n. 224 del 24 settembre 2002, sono stati emanati gli indirizzi per la gestione dei Siti d'Interesse Comunitario e delle Zone di Protezione Speciale individuati ai sensi delle direttive 92/43/CEE (habitat) e 79/409/CEE (uccelli)*

*Tali indirizzi nascono dall'esigenza di interpretare e applicare alla realtà nazionale le indicazioni fornite dal Parlamento Europeo e dalla Commissione Europea, in ambito di conservazione della Biodiversità.*

*Essi si situano all'interno di una strategia nazionale mirata alla conoscenza del patrimonio naturalistico italiano, anche attraverso la predisposizione di sistemi informativi e banche dati, al fine di giungere, con la partecipazione di tutti i soggetti territoriali interessati, ad una conservazione delle risorse naturali compatibile con lo sviluppo socioeconomico.*

## 1.6 Le reti ecologiche

*Un corretto approccio all'analisi degli elementi naturalistici di pregio e delle aree mag-*

most used by the animal component must necessarily use knowledge of the portions of territory functional to the conservation of the wild species, in other words the "ecological network". In the past few years the notion of "ecological network" has entered the language of many scientific circles as a theoretical and applicative reference to the environmental functionality of a territory. This widespread use of the term is due to its great versatility as a conceptual instrument that can be applied to many different contexts. It also allows us to effectively schematize the various natural and anthropic phenomena in which it is often possible to distinguish elements of different functionality interwoven like links of a network.

We can identify four major spheres in which the concept of ecological network is applied (Reggiani et al., 2000):

- in territorial planning where the network is the instrument that enables us to represent the dynamism and interdependence of the natural and anthropic components;
- in programs for "sustainable" socio-economic development where the network is used to represent, in a flexible manner, resources, information flow, competencies and services compatible with the conservation of the natural resources of the territory;
- in the design of an integrated system of protected areas and the evaluation of their efficacy;
- in the scientific disciplines of ecology and the biology of conservation where the concept of network effectively synthesizes the dynamics underlying the distribution of life forms on the territory.

In all these spheres there are three phases in determining an ecological network:

- identifying the elements of the network (core area, buffer zone, green way, key area);
- determining the various functionalities of the elements within the system;

*giornamente utilizzate dalla componente animale 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 entrata in uso in molti ambiti scientifici, come riferimento teorico ed applicativo della funzionalità ambientale di un territorio. Questa grande diffusione è dovuta grazie 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 in 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 informazione, 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 (core area, buffer zone, green way, key area);*
- *individuazione della diversa funzionalità degli elementi all'interno del sistema;*

- representing the elements of the system and their functions in a framework of territorial synthesis.

- *rappresentazione degli elementi del sistema e delle loro funzioni in un quadro di sintesi territoriale.*

## 1.7 Ecological networks and biodiversity

As stated earlier, ecological networks are a very important conceptual instrument for the purposes of achieving a sustainable balance of the territory interested by lakes and conserving nature. This concept is formed on the basis of the obvious statement that all species, both plant and animal, are distributed heterogeneously throughout the territory and this discontinuity is mainly due to the action of intrinsic natural factors, upon which anthropic factors are introduced and act.

It is therefore evident that in practice the concept of ecological network is expressed in a completely different way, depending on the taxonomic group being examined. The comprehensive ecological network, which is represented by overlapping all plant successions and animal distribution, results in a dense parceling of the territory into very small homogeneous areas that represent the actual comprehensive ecological network existing on the territory.

Further detailed information regarding the theoretical aspects of the ecological networks can be consulted in specific articles and publications that are easy to find; among these works are the more recent publications of APAT, "Reti Ecologiche a scala locale: lineamenti ed indicazioni generali", 2003.

In practice, in order to use the ecological networks as an operative instrument for managing the territory we must aggregate areas that are homogeneous in terms of the ecosystem until reaching a suitable degree of detail for the scale of application. Then

## 1.7 Reti ecologiche e biodiversità

*Come affermato in precedenza, le reti ecologiche sono uno strumento concettuale di estrema importanza ai fini di un assetto sostenibile di uso del territorio interessato da laghi 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 successioni vegetali e della distribuzione animale, ha come risultato una fitta parcellizzazione del territorio in piccolissime aree omogenee, che rappresentano la reale rete ecologica globale che insiste sul territorio.*

*Ulteriori e dettagliate informazioni circa gli aspetti teorici relativi alle reti ecologiche possono essere facilmente consultabili attraverso pubblicazioni e articoli specifici di facile reperibilità; si segnalano tra questi i lavori più recenti di APAT, "Reti Ecologiche a scala locale: lineamenti ed indicazioni generali", 2003.*

*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*

we can manage the information obtained by means of the classic instruments of territorial planning. To this end we need to obtain the scale of elements of the landscape, i.e. identify the homogeneous landscape units. Though this operation actually has practical advantages, it should nonetheless never be meant as a synthesis of the ecological needs of all the species present on the territory because there is no guarantee that such a network is sufficient for the conservation of an animal group or class and the interactions within the habitat. Therefore it is clear that an ecological network, designed exclusively on the basis of landscape elements, might not entirely correspond to the set ecological-functional goals, in particular when these have been identified on a local scale.

In order to be able to sufficiently mediate between the needs of animal organizations and the needs of territorial management, we could think of a network calibrated according to the needs of the species considered most important (keystone species and “umbrella species”) for the conservation of the plant and animal populations and for the ecological functionality of the territory.

Since it is not possible to evaluate the needs of all the species existing in a given territorial unit, we must necessarily limit ourselves to the species considered determinant for their degree of threat or their functional role within the ecological systems. From the practical point of view we can classify the species as follows:

- **keystone species**, due to their important role in the ecological communities;
- **umbrella species**, so-called because they are usually high up on the food chain and their conservation necessarily affects that of the species below them;
- **banner species**, so-called for their capacity to arouse public attention and therefore facilitate conservation actions.

Italian biodiversity in numerical terms is estimated at over 57,000 animal species,

*informazioni ottenute con gli strumenti classici della pianificazione territoriale. A questo scopo quindi risulta necessario pervenire alla scala degli elementi del paesaggio, ovvero identificare le unità di paesaggio omogenee. Se questa operazione presenta effettivamente dei vantaggi pratici non deve però essere intesa come una sintesi delle esigenze ecologiche di tutte le specie presenti nel territorio, in quanto non esiste nessuna garanzia che una rete tale sia sufficiente per la conservazione di un gruppo o classe animale e delle interazioni all'interno degli habitat. Risulta quindi evidente che una rete ecologica, disegnata esclusivamente sulla base di elementi del paesaggio, può non avere la totale corrispondenza con gli obiettivi ecologico-funzionali che si prefigge di raggiungere, in particolare quando questi sono stati identificati a livello di scala locale.*

*Per poter ottenere sufficiente mediazione tra le esigenze degli organismi animali e quelle della gestione territoriale, si può pensare ad una rete calibrata sulle esigenze 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 alle specie ritenute determinanti per il loro grado di minaccia o il loro ruolo funzionale all'interno dei sistemi ecologici. Dal punto di vista pratico è possibile classificare le specie in:*

- **specie chiave** (keystone) per il loro ruolo importante nelle comunità ecologiche.
- **specie ombrello**, così dette perché sono in genere agli alti livelli gerarchici delle catene trofiche e la loro conservazione comporta necessariamente quella delle specie situate ai livelli inferiori.
- **specie bandiera**, così dette per la loro capacità di richiamare l'attenzione del pubblico e facilitare le azioni di conservazione.

*La biodiversità italiana in termini numerici di specie è stimata in oltre 57.000 specie anima-*



while the number of plant species is smaller. It therefore seems legitimate to give priority to the animal species whose conservation, due to their position on the food chain, necessarily implies protection of the plant components comprised in the habitats. Thus we must focus on the principal systematic classes and groups of the territory; consequently we talk about maps of potential bioavailability and territorial connectivity as the sum of different ecological needs, weighing within it the various components divided at least into animal classes (reptiles, amphibians, birds, mammals and fish, though the latter plays only a partial role because it is relegated to limited areas of the territory) and specific maps for the single species included in the EU directives or under a high level of protection. The European Parliament and European Commission have created the premises to territorially implement the conservation of elements useful to ecological functionality. In the following chapter we delve into the aspects relative to the biopotentiality of the territory in harmony with methods for locating the ecological connections.

*li, mentre il numero di specie vegetali è di un ordine di grandezza inferiore. Appare quindi lecito rivolgere l'attenzione prioritaria alle specie animali la cui conservazione, a causa della loro posizione nelle catene trofiche, implica necessariamente la tutela delle componenti vegetazionali costituenti gli habitat. È quindi necessario porre attenzione alle principali classi e gruppi sistematici di un territorio; potremmo quindi parlare di carte della biodisponibilità potenziale e della connettività territoriale come somma delle diverse esigenze ecologiche, pesando al suo interno le diverse componenti suddivise almeno in classi animali (rettili, anfibi, ornitofauna, mammiferi e ittiofauna, seppur quest'ultima gioca un ruolo parziale in quanto relegata ad ambiti ristretti del territorio) e carte specifiche per le sole specie presenti in direttive comunitarie o con un livello di protezione elevato. Per poter rendere effettivo sul territorio la realizzazione e la conservazione di elementi utili alla funzionalità ecologica, il Parlamento Europeo e la Commissione Europea hanno creato i presupposti per tale finalità. Nel capitolo successivo sono approfonditi gli aspetti connessi alla biopotenzialità del territorio in sintonia con i metodi di localizzazione delle connessioni ecologiche.*



# 2

**Instruments and methods  
for the technical support  
of environmental analysis  
activities**

*Strumenti e metodi  
per il supporto tecnico  
alle attività di analisi  
ambientale*

## 2.1 Biopotentiality models

In the past few years the research conducted and knowledge acquired by the scientific community in the various spheres of applied ecology have made it possible to design various systems for analyzing biodiversity. Among these is the construction of biopotentiality models of the territory that relate the animal or plant species to the surrounding environment and observe the natural factors as well as the impact of anthropic activity. The environmental suitability models allow us to integrate and synthesize the species-environment relationships and they are good instrument for supporting the investigative studies and projects for conservation and territorial management (Duprè, 1996). Moreover, they provide a cartography of the breakdown of the areas that offer different qualities of habitats for each species. This methodology was particularly developed in Europe starting with the Swiss experiments that adapted the principles of ecology and the analysis of territorial interferences to a framework of environmental planning. This is the origin of the project described and analyzed here.

### 2.1.1 State of progress of the development of environmental suitability models

To understand the origin and development of the methodology used to determine a pattern of territorial suitability we must summarize the principal initiatives. First and foremost to develop and adopt a bioavailability model of the territory we must to "visualize" the quality of the habitats as well as the obstacles to dispersion of the animal species.

In 2002 the Institute of Ecology of the University of Lausanne, Switzerland, develo-

## 2.1 Modelli di idoneità dell'habitat e di biodiversità potenziale

*Negli ultimi anni le ricerche svolte e le conoscenze raggiunte dalla comunità scientifica nei diversi ambiti dell'ecologia applicata hanno permesso la messa a punto di svariati sistemi di analisi della biodiversità. Tra questi rientra la costruzione di modelli di idoneità dell' habitat e di biodiversità potenziale del territorio che mettono in relazione le specie animali o vegetali con l'ambiente circostante e ne osservano i fattori naturali e gli impatti derivati dalle attività antropiche. I modelli di idoneità ambientale 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). Restituiscono infatti una cartografia della articolazione delle aree in grado di offrire diverse qualità di habitat per ogni specie. Tale metodologia è stata particolarmente sviluppata in Europa a partire dalle esperienze svizzere che adattano i principi di ecologia e di analisi dell'interferenze territoriali in un quadro di pianificazione ambientale. Da questo punto è stato avviato il progetto qui descritto ed analizzato.*

### 2.1.1 Stato dell'arte dello sviluppo dei modelli di idoneità ambientale

*Per comprendere l'origine e lo sviluppo della metodologia utilizzata per individuare il pattern di idoneità territoriale è necessario compiere una sintetica riesamina delle iniziative principali. Innanzitutto per sviluppare ed adottare un modello di biodisponibilità di un territorio è necessario "visualizzare" tanto la qualità degli habitat quanto gli ostacoli alla dispersione per le specie animali.*

*Nel 2002, l'Istituto di Ecologia dell'Università di Losanna, Svizzera, ha sviluppato un insieme di sistemi chiamato "Biomapper". Il suo*

ped a set of systems called "**Biomapper**". Its central module is based on the factorial analysis of ecological niches (ENFA Hirzfeld-eco 2002) which calculates the marginality and specialization factors of the ecological niche starting with environmental predictors intended as ecological factors and data obtained by observing the species. All the biomapper models are linked to Geographic Informative Systems (GIS); they cover all the data importation operations, the preparation of predictors, ENFA and the calculation of the habitat quality map, validation and treatment of the results. A model can also cartographically highlight the ecological corridors as well as the various forms of barrier to dispersion.

ENFA's field of application was analyzed by representing the distribution of a virtual species, with ecological needs and standard environmental parameters established "a priori". The analyses led to the acquisition of information about the demographic situation and the landscape that were finally aggregated in the comprehensive model along with the data relative to the species. A raster format was chosen to represent the results, i.e. a structure with regular cells to satisfy the landscape modeling limitations as well as those imposed by large populations. The studied area is therefore visualized by means of a set of pixels (cells of a certain size) corresponding to a certain property and a variable, i.e. population density which changes according to that species' reproduction and survival capacity.

This method triggered several studies and publications that made it possible to determine the ecological functionality of the Swiss Alpine territory.

Another software application, "**Hexaspace**", developed in 2001, again by the Institute of Ecology of the University of Lausanne, is used mainly for carrying out two functions:

1. calibrating the system on the basis of dynamic models with the depiction of a habitat quality map;

*modulo centrale è basato sull'analisi fattoriale della nicchia ecologica (ENFA Hirzfeld-eco 2002), il cui principio è calcolare dei fattori di marginalità e di specializzazione della nicchia ecologica, a partire da predittori ambientali intesi come fattori ecologici e dai dati ottenuti dall'osservazione della specie. Tutti i modelli di biomapper sono legati ai Sistemi Geografici Informativi (G.I.S.); essi ricoprono tutte le operazioni d'importazione dei dati, preparazione dei predittori, ENFA e calcolo della carta di qualità dell'habitat, validazione e trattamento dei risultati; un modello può inoltre evidenziare cartograficamente sia i corridoi ecologici, sia le forme di barriera alla dispersione.*

*Il campo di applicazione dell'ENFA è stato analizzato mediante la rappresentazione della distribuzione di una specie virtuale, con esigenze ecologiche e parametri ambientali standard stabiliti "a priori". Le analisi effettuate hanno portato all'acquisizione di informazioni sulla situazione demografica e sul paesaggio che sono state infine aggregate in un modello globale, insieme ai dati relativi alla specie. Per la rappresentazione dei risultati è stato scelto il formato raster, ovvero una struttura a celle regolari, sia per soddisfare i limiti della modellizzazione del paesaggio, sia quelli imposti per le grandi popolazioni. La zona di studio è pertanto visualizzata mediante una serie di pixel (celle di una certa dimensione), a cui corrisponde una determinata proprietà, e una variabile, ovvero la densità della popolazione, che cambia in funzione della riproduzione e della capacità di sopravvivenza della specie.*

*Questo metodo ha dato il via ad una serie di studi e pubblicazioni che hanno reso possibile l'individuazione della funzionalità ecologica del territorio alpino svizzero.*

*Un altro software, "**Hexaspace**", sviluppato nel 2001 sempre dall'Istituto di Ecologia dell'Università di Losanna, è utile per assolvere principalmente a due funzioni:*

1. calibrare il sistema sulla base di modelli dinamici con la raffigurazione di una carta di qualità dell'habitat;

2. forecasting on the basis of appropriate simulations.

The method allows us to analyze the territory occupied by a species that is expanding on a complex landscape composed of different habitat quality zones and which present obstacles to dispersion. These are some of the recent experiments conducted worldwide among which we would like to point out Guisan A., Zimmermann N.E. "Predictive habitat distribution models in ecology", July 2002 and Pearson, R. G., Dawson, T. P. and Liu, C., "Modelling species distributions in Britain: a Hierarchical integration of climate and land-cover data" 2004.

### 2.1.2 National experiments

In 1999 the Ministry for the Environment and Territorial Protection (Nature Conservation Office) approved the document that defines the project terms of the National Ecological Network (NEN) and highlights the major goals of the network in its breakdown on the territory.

The National Ecological Network aims to be an integrated program for recovering a balance in the flows of socioeconomic development in a context of global sustainability of the growth and conservation of biodiversity. It consists of an intricate network of programs involving the various fields of economy, territorial management, ecology and the control of biodiversity.

This territorial conservation policy draws on the major European directives regarding nature conservation and extends them towards a more realistic concept of territorial components, both natural and anthropic. Its approach is consistent with the effort of the European Council to promote a less parcelled and more comprehensive approach in governing the territory. This effort has recently led to the adoption of the *European Landscape Convention*, signed in Florence on 20/10/2000. The convention commits government authorities on all levels to adopt the most effective measures to protect and

2. poter effettuare delle previsioni sulla base di simulazioni idonee;

*Il metodo permette di analizzare il territorio occupato da una specie in via di espansione in un paesaggio complesso composto da zone a qualità d'habitat diverse e che presentano degli ostacoli alla dispersione. Queste sono alcune tra le recenti esperienze effettuate a livello internazionale tra le quali ricordiamo Guisan A., Zimmermann N.E.. "Predictive habitat distribution models in ecology", July 2002 e Pearson, R. G., Dawson, T. P. e Liu, C., "Modelling species distributions in Britain: a Hierarchical integration of climate and land-cover data" 2004.*

### 2.1.2 Esperienze Nazionali

*Nel 1999 il Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio (Direzione Conservazione della Natura) ha approvato il documento che definisce i termini progettuali della Rete Ecologica Nazionale (REN) ed evidenzia i principali obiettivi della rete nella sua articolazione sul territorio.*

*La Rete Ecologica Nazionale vuole essere un programma integrato che aspira al riequilibrio dei flussi di sviluppo socio-economico in un contesto di sostenibilità globale di crescita e conservazione della biodiversità. Essa si articola in una intricata rete di programmi che riguardano svariati campi dell'economia, della gestione del territorio, dell'ecologia e del controllo della biodiversità.*

*Questa politica di conservazione del territorio riprende le principali Direttive Europee in materia di conservazione della natura e le estende verso una concezione maggiormente realistica delle componenti territoriali, sia naturali sia antropiche. Questo approccio è coerente con lo sforzo del Consiglio d'Europa che si propone di promuovere un approccio meno parcellizzato e più globale nel governare il territorio e che ha portato alla recente adozione della Convenzione Europea del Paesaggio, firmata a Firenze il 20/10/2000, che impegna le autorità di governo, a tutti i livelli, ad adottare le misure*

enhance the landscape.

As part of this program the Nature Conservation Service of the Ministry of the Environment assigned the Department of Animal and Human Biology of the University "La Sapienza" of Rome the task of determining the national ecological network of all Italian vertebrate species.

The goal of the project called NEN is to determine a network, i.e. mosaics of areas with different conservation values and needs, and then highlight the elements that might connect the critical areas in order to minimize fragmentation of the habitats and areas where vertebrate species are present. In the NEN project a set of environmental suitability models were realized for all the species included in the database by utilizing the information summarized within it. The elaboration was based on a process of overlapping and integrating geographical layers in a raster format (land use and land cover utilizing CORINE IV LIVELLO, altimetry, hydrographic and road network) by using a GIS.

The models cover the national territory and have a resolution comparable to that of a map with a scale of 1:100,000, in a grid format and an analysis unit with pixels of 100x100 meters.

The outcome of the environmental suitability model of a species is represented by a map that highlights the distribution of unsuitable areas and areas of low, medium and high suitability throughout the national territory. Along similar lines within the NEN project an analysis was conducted on the fragmentation of the suitable areas determined by the model within the distribution areale for all the species (with the exception of freshwater fish).

In fact, knowledge of the spatial structure and fragmentation of the suitable environment provides important indications for defining conservation policies.

If an environmental suitability model is built for the purpose of having a predictive instrument for the realization of conservation poli-

*più efficaci per tutelare e valorizzare il paesaggio.*

*Nell'ambito di questo programma, il Servizio Conservazione Natura del Ministero dell'Ambiente ha assegnato al Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo dell'Università "La Sapienza" di Roma il compito di individuare la rete ecologica nazionale di tutte le specie di Vertebrati italiani.*

*L'obiettivo del progetto, denominato REN, è quello di individuare una rete, ovvero mosaici di aree a diverso valore e necessità di conservazione, evidenziando eventuali elementi di collegamento tra le aree critiche tali da ridurre al minimo la frammentazione degli habitat e delle aree di presenza delle specie di Vertebrati.*

*Nel progetto REN sono stati realizzati una serie di modelli d'idoneità ambientale per tutte le specie incluse nella banca dati, utilizzando le informazioni sintetizzate al suo interno. L'elaborazione si è basata su un processo di sovrapposizione ed integrazione di strati geografici in formato raster (uso e copertura del suolo utilizzando CORINE IV LIVELLO, altimetria, rete idrografica e stradale) tramite l'utilizzo di un GIS.*

*I modelli sono a copertura nazionale, hanno una risoluzione comparabile con quella di una carta alla scala 1:100.000, in formato grid ed unità di analisi costituita da pixel di 100x100 metri.*

*L'esito del modello di idoneità ambientale di una specie è rappresentato da una mappa che evidenzia la distribuzione di aree non idonee, aree a bassa, media, alta idoneità sul territorio nazionale.*

*Parallelamente, all'interno del progetto REN, è stata effettuata un'analisi della frammentazione delle aree idonee individuate dal modello all'interno dell'areale di distribuzione per tutte le specie (ad esclusione dei pesci d'acqua dolce).*

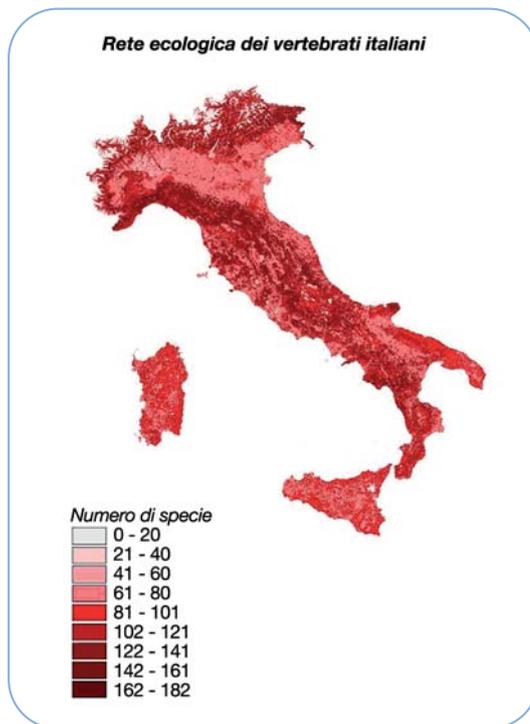
*La conoscenza dell'assetto spaziale e della frammentazione dell'ambiente idoneo fornisce infatti importanti indicazioni per definire eventuali politiche di conservazione.*

*Se la costruzione di un modello d'idoneità*

**Fig. 1**

Ecological network of Italian vertebrates (Boitani et al. 2002)

*Rete ecologica dei vertebrati italiani (Boitani et al. 2002)*



cies and interventions, it must necessarily be subjected to a validation process. Said process makes it possible to evaluate the conformity between the representation provided by the model and reality.

Lastly, an extensive ecological network throughout the national territory was realized, conceived as a complete overlapping of all the validated models (Fig. 1). It becomes indispensable to converge all the ecological requirements of the vertebrate species into a sole network through the relative environmental suitability models when the intended goal of the ecological network is to conserve the biodiversity of vertebrates. From this point of view each vertebrate constitutes a fundamental and irreplaceable element in the composition of the total biodiversity.

The representation of the ecological network throughout the national territory, produced by the entanglement of 406 environmental suitability models, shows a parceling of the territory into units having different biodiversity values. In fact it is clear that the network obtained by this interweaving no longer appears as a set of areas and corridors on a

*ambientale viene fatta al fine di possedere uno strumento predittivo per la realizzazione di politiche ed interventi di conservazione, questa deve necessariamente essere sottoposta ad un processo di validazione. Tale processo consente infatti di valutare l'accordo esistente tra la rappresentazione fornita dal modello stesso e la realtà.*

*Infine è stata realizzata una rete ecologica estesa a tutto il territorio nazionale pensata come la sovrapposizione completa di tutti i modelli valicati (Fig. 1). La necessità di far confluire in un' unica rete ecologica tutte le esigenze ecologiche delle specie di vertebrati, attraverso i relativi modelli d'idoneità ambientale, diviene indispensabile nel momento in cui la rete ecologica vuole avere come obiettivo quello della conservazione della biodiversità di vertebrati. In quest' ottica infatti, ciascun vertebrato costituisce un elemento fondamentale ed insostituibile nella composizione della biodiversità totale. La rappresentazione della rete ecologica sul territorio nazionale, prodotta dall'involuppo di 406 modelli d'idoneità ambientale, presenta una parcellizzazione del territorio in unità a diverso valore di biodiversità. Risulta infatti evidente che la rete ottenuta da questo intreccio non si presenta più come una serie di aree e corridoi su una matrice largamente negativa, bensì come un sistema molto com-*





broadly negative matrix but a highly complex system of areas and corridors that actually affect the entire national territory characterized by a widespread naturalness where there are no concentrations of naturalistic exigencies or large numerical assemblages of particularly rare species.

## 2.2

### Using territorial information systems to analyze territorial biopotentiality locally

The models described in the NEN project have the advantage of completely involving the entire national territory but at the same time, due to the database and resolution used, they are not very effective for analyzing local territories particularly as regard territories interested by lakes. Thus the need to set up a methodology that would allow the analysis of the territory on a scale of detail suitable to the needs imposed by environmental valuations such as VIA (Ecological Incidence Valuations) and VAS.

Today the use of mathematical models to evaluate environmental quality for animal species has become relatively common. In the case of wild species, which are very elusive and difficult to census, this study method often represents the only possible solution based on a cost/benefits evaluation for an a priori characterization of the suitability of an environment to sustain an animal population.

However, the reliability of these models for faunistic management is conditioned by various factors, such as the availability, precision and homogeneity of the data for the various areas of study. The realization of an environmental suitability model is based on the process of integration of the geographical data; currently Geographic Information Systems (G.I.S.) are the working environ-

*mento di aree e corridoi che di fatto interessano l'intero territorio nazionale caratterizzato da una naturalità diffusa in cui non si riscontrano particolari concentrazioni di emergenze naturalistiche o grandi assemblamenti numerici di specie particolarmente rare.*

## 2.2

### L'utilizzo dei sistemi informativi territoriali per l'analisi della biodiversità territoriale a livello locale

*I modelli descritti nel progetto REN hanno il vantaggio di interessare in modo completo l'intero territorio nazionale ma contemporaneamente, a causa della base dati e della risoluzione utilizzata, risultano poco efficaci nelle analisi territoriali a livello locale, in particolar modo nelle analisi riguardanti i territori interessati da laghi. Per questo motivo è nata l'esigenza di impostare una metodologia che permetta di analizzare il territorio ad una scala di dettaglio idonea alle esigenze che le valutazioni ambientali quali le VIA, le Valutazioni di Incidenza Ecologica e le VAS impongono.*

*L'utilizzo di modelli matematici per valutare la qualità ambientale per le specie animali è al giorno d'oggi diventato relativamente comune. Nel caso di specie selvatiche, 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 per la gestione faunistica è però condizionata da diversi fattori quali la disponibilità, la precisione e l'omogeneità dei dati per le diverse aree di studio. La realizzazione di un modello d'idoneità ambientale si basa sul processo di integrazione di dati geografici; attualmente l'ambiente di lavoro sul quale si sviluppano que-*

ments in which these models are developed. Each geographical data item has a descriptive component (text) and a spatial component (coordinate) thereby allowing us to select the descriptive component to learn about the geographic position associated with that specific value or set of selected values, or proceed by the inverse process. The geographical data are organized into information layers; with this type of data each type of geographical information is referred to a specific cartographic layer.

To create potential bioavailability models we chose to adopt a **deterministic model**. In this type of model the acquisition of data is founded on the consultation of databases, interviews with one or more experts, and the collection of bibliographical data concerning the ecology, distribution and behavior of each studied species. In particular, when applying a suitability evaluation model to a circumscribed area the basic evaluation should be as thorough as possible in order to be able to take into consideration the specific environmental variability and the adaptations of the species to various local settings.

The choice of the type of model is therefore consistent with the project structure, the purpose of which is to represent the state of current and potential distribution of vertebrate species on the territory in order to later identify the existing ecological network.

To create the model we must first define the set of data to use, control their quality, make sure they are properly georeferenced and, finally, transfer all the data to a standardized format so we can overlap the various cartographic layers and integrate the different types of information. The studied surface is divided into a regular grid (raster format) and the qualitative and quantitative information is associated with each element of the grid, normally called *cell* or *pixel*, 10 meters each, in order to perform the calculations precisely and proportionately.

The main methodological steps to follow for

*sti modelli sono i Geographic Information System. (G.I.S.).*

*Ciascun dato geografico possiede una componente descrittiva (testo) ed una spaziale (coordinata) ed è quindi possibile, selezionando la componente descrittiva, conoscere la posizione geografica associata a quel preciso valore o insieme di valori selezionati, oppure procedere con il percorso inverso.*

*I dati geografici sono organizzati in strati informativi chiamati "layers"; in questa tipologia di dati ciascun tipo di informazione geografica è riferibile ad uno strato cartografico preciso.*

*Per la realizzazione dei modelli di biodisponibilità potenziale si è scelto di adottare un **modello** di tipo **deterministico**. In questo tipo di modelli l'acquisizione dei dati è fondata sulla consultazione di banche dati, interviste ad uno o più esperti e sulla raccolta di dati bibliografici sull'ecologia, la distribuzione ed il comportamento di ciascuna specie studiata. In particolare, applicando un modello di valutazione d'idoneità ad un'area circoscritta, è importante possedere una valutazione di base il più possibile approfondita, così da poter prendere in considerazione la variabilità ambientale specifica e gli adattamenti delle specie ai diversi contesti locali.*

*La scelta del tipo di modello risulta quindi coerente con l'impostazione del progetto, che vuole rappresentare lo stato della distribuzione attuale e potenziale delle specie di vertebrati sul territorio per, successivamente, individuarne la rete ecologica esistente.*

*Per realizzare il modello è necessario innanzitutto definire il set di dati da utilizzare, controllarne la loro qualità, la loro corretta georeferenziazione ed infine riportare tutti i dati in un formato omogeneo in modo da poter sovrapporre i diversi strati cartografici ed integrare le differenti tipologie di informazioni. La superficie di studio è suddivisa in una griglia regolare (formato raster) e l'informazione di tipo qualitativo e quantitativo è associata ad ogni elemento della griglia, normalmente chiamato cella o pixel di dimensioni pari a 10 metri, ciascuno in modo da poter effettuare i*

realizing the final product are:

- Create a Faunistic Database for all the vertebrate species present on the region of biogeographical interest;
- Select information only about species that populate the studied territory and are found in the Faunistic Database;
- Realize or implement a land-use map on a suitable scale and highlight the prevalent habitats;
- Develop the ecological reference model and apply it to the area;
- Determine the naturalness characteristics and potential bioavailability and highlight the areas having a greater ecofunctional value;
- Identify the areas having an actual or potential ecological corridor value.

To make this approach applicable to the Piedmontese areas, a model of territorial bioavailability was created – starting from the aforementioned state of progress – that would be valid for terrestrial vertebrates populating the region. The starting point for the research was the existing knowledge about the environmental preferences (affinities) of the species living in Piedmont, subdivided according to different territorial settings.

The understanding of the ecological needs of vertebrates is concretized into an environmental suitability evaluation which makes up a preliminary basis for representing the potential distribution of each single species on the lake territory.

## 2.3 Methodology adopted for developing bioavailability models of the territory (BIOMOD model)

The development of an ecological model for determining the bioavailability of the territory

*calcoli in maniera adeguata e precisa.*

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

- *Realizzazione di una Banca Dati Faunistica per tutte le specie di vertebrati presenti nella regione di interesse biogeografico;*
- *Selezione delle informazioni delle sole specie che popolano il territorio d'indagine presenti all'interno della Banca Dati Faunistica;*
- *Realizzazione o attualizzazione della carta dell'uso del suolo ad una scala idonea, con evidenziazione degli habitat prevalenti;*
- *Sviluppo del modello ecologico di riferimento e sua applicazione all'area;*
- *Individuazione delle caratteristiche di naturalità e di biodisponibilità potenziale, con evidenziazione delle aree a maggior valenza eco funzionale ;*
- *Identificazione delle aree con valenza di corridoio ecologico effettivo o potenziale.*

*Al fine di rendere applicabile alle aree piemontesi questo approccio è stato realizzato un modello di biodisponibilità territoriale, partendo dallo stato dell'arte precedentemente descritto, che fosse valido per i vertebrati terrestri che popolano la Regione, iniziando la ricerca dalla conoscenza delle preferenze ambientali (affinità) delle specie che vivono in Piemonte, suddivise per ambiti territoriali diversi. La comprensione delle esigenze ecologiche dei vertebrati si concretizza in una valutazione dell'idoneità ambientale che costituisce una prima base per rappresentare la distribuzione potenziale di ogni singola specie sul territorio lacustre.*

## 2.3 Metodologia adottata per lo sviluppo di modelli ecologici per la gestione della fauna (modello BIOMOD)

*Lo sviluppo di modelli ecologici di idoneità ambientale e biodiversità potenziale permet-*

allows us to highlight areas that manifest different habitat qualities for each species or for the various systematic categories of vertebrates that populate the studied area on the basis of the resources found for each species in a given area and the influence of anthropic and natural factors that limit the presence of the species there. The model is a useful study tool, especially for studying the elusive species that are difficult to census, and it is often the only solution for assessing the biopotentiality of the habitats for sustaining a species. It also allows us to forecast the dynamics of the animal populations.

In this work we have used two terms that are apparently similar: **territorial suitability** and **potential biodiversity**. The former consists of an analysis of the relationship between the territory in terms of land-use and species, while the latter represents the potentiality, also on the basis of environmental detractors and appropriately selected species actually populating the studied area.

All the models are related to the use of the Geographic Information Systems (G.I.S.) that allow data importation in combination with cartographic support. We prefer to use a G.I.S. because of the many advantages it offers, such as the possibility to analyze a fairly vast territory a priori, integrate different types of information into a sole overall framework, simulate future scenarios and enter the results into statistical packages that can process them for environmental evaluations which enable correct faunistic management and a sustainable use of the territory. In order to apply the model called "**BIOMOD version 1.0**" developed by Arpa we must define the set of indicators to use for the simulations so we can visualize the results by cartographic layers as well as by the alphanumeric data relative to the degree of environmental suitability and potential biodiversity manifested by the territory.

The final results express the availability of the lake territory to accommodate a species (or a homogenous group of species)

*te di evidenziare aree che esprimono diverse qualità di habitat per le singole specie o per le diverse categorie sistematiche di vertebrati che popolano l'area di studio, sulla base delle risorse presenti per ogni specie in una determinata area e dell'influenza dei fattori antropici e naturali che limitano la presenza delle specie stesse. Il modello è un utile mezzo per studiare soprattutto le specie difficilmente censibili, perché particolarmente elusive, dimostrandosi sovente l'unica soluzione per una valutazione circa la biopotenzialità degli habitat a sostenere una specie, permettendo inoltre di prevedere la dinamica delle popolazioni animali.*

*In questo lavoro sono stati utilizzati due termini apparentemente simili: **idoneità del territorio** e **biodiversità potenziale**. Il primo si compone di un'analisi tra il territorio inteso come uso del suolo e specie, mentre il secondo rappresenta la potenzialità anche sulla base dei detrattori ambientali e delle specie che effettivamente popolano l'area interessata dallo studio, opportunamente selezionate.*

*Tutti i modelli sono legati all'uso di Sistemi Geografici Informativi (G.I.S.), che permettono l'importazione di dati e l'abbinamento al supporto cartografico. Si è preferito l'uso dei G.I.S. per una serie di vantaggi offerti come la possibilità di poter analizzare "a priori" un territorio moderatamente vasto, l'integrazione di tipologie differenti di informazioni in un unico quadro di insieme, la simulazione di scenari futuri e la possibilità di integrare i risultati con pacchetti statistici in grado di elaborare i risultati ottenuti per valutazioni ambientali che consentono una corretta gestione faunistica ed un uso del territorio sostenibile. Per l'applicazione del modello, denominato "**BIOMOD Versione 1.0**", sviluppato da Arpa, è pertanto necessario definire il set di indicatori da utilizzare per le simulazioni in modo da poter visualizzare i risultati tanto mediante strati cartografici quanto dati alfanumerici relativamente al grado di idoneità ambientale e biodiversità potenziale espresso dal territorio.*

for a significant portion of their lifecycle as the primary and indispensable element for determining the ecological network. The need to converge all the ecological requirements of the various species into one network (with a systematic class level) of the various species by aggregating the data for single bioavailability models of the species in question becomes indispensable when the goal is to conserve biodiversity by determining the areas with a greater or lesser degree of naturalistic value and those that are vulnerable or deteriorated due to the presence of intensive anthropic activities.

The work presented here has made it possible to build **three major types of ecological models:**

- 1. Species-habitat affinity model for each single animal species;**
- 2. Environmental suitability model for each single animal species;**
- 3. Potential biodiversity model for systematic groups of species.**

The elaboration of the model contemplates a distinction into three different stages: the first stage involves assessing the different types of forests and other types of land cover for a preliminary identification of the areas suitable to the presence of the species with the creation of preliminary maps; the second stage consists of integrating additional information about the various limiting factors, the distribution and extension of those areas. The third stage aims to integrate the information about the individual species for the purpose of creating bioavailability maps of the territory divided according to homogeneous groups of species.

The goal is to determine the bioavailability of a leke territory and the possible use of it by the faunistic component. Depending on the specific needs of the study, the choice will fall on a given species or group of species. Nonetheless the methodology adopted is the same for all the territorial situations analyzed (Tab. 1).

*Il risultato finale esprime la disponibilità delle aree interessate da laghi ad ospitare, per un periodo significativo del loro ciclo vitale, una specie (o un gruppo omogeneo di esse), quale elemento primario ed indispensabile per l'individuazione della rete ecologica. La necessità di far confluire in un'unica rete (a livello di classe sistematica) tutte le esigenze ecologiche delle diverse specie, attraverso l'aggregazione dei dati relativi ai singoli modelli di biodisponibilità delle specie interessate, diviene indispensabile nel momento in cui si ha come obiettivo la conservazione della biodiversità, mediante l'individuazione delle aree a maggiore o minor pregio naturalistico, di quelle vulnerabili o degradate per la presenza di intense attività antropiche.*

*Il lavoro qui presentato ha reso possibile la realizzazione di **tre tipologie principali di modelli ecologici:***

- 1. modello di affinità specie-habitat per singole specie animali;**
- 2. modello di idoneità ambientale per singole specie animali;**
- 3. modello di biodiversità potenziale per gruppi sistematici di specie.**

*L'elaborazione del modello prevede la distinzione di tre stadi differenti: un primo stadio in cui, mediante la valutazione delle differenti tipologie forestali e degli altri tipi di copertura del suolo, vengono identificate in modo preliminare le aree idonee alla presenza della specie con la creazione di mappe preliminari; in secondo luogo si integrano, con informazioni ulteriori provenienti dai diversi fattori limitanti, la distribuzione e l'estensione di tali aree. Il terzo stadio è volto ad integrare le informazioni relative le singole specie, al fine di creare carte di biodisponibilità del territorio suddivise per gruppi omogenei di specie.*

*L'obiettivo è quello di individuare la biodisponibilità dei territori interessati da laghi ed il possibile utilizzo da parte della componente faunistica. A seconda delle esigenze dello studio la scelta può ricadere su una determinata specie o su un gruppo particolare di esse. Ciò nonostante la metodologia adottata è comune per ogni ambito territoriale analizzato (Tab. 1).*

**Tab. 1**

Summary of principal phases adopted to develop the models

Riepilogo delle principali fasi adottate nello sviluppo dei modelli

### Stage 1 / Stadio 1

- Selection and characterization of species present in studied area for four classes of vertebrates (reptiles, amphibians, birds and mammals);
- *Scelta e caratterizzazione delle specie presenti nell'area di studio per 4 classi di vertebrati (rettili, anfibi, uccelli e mammiferi);*
- Analysis of species-environment relationships and attribution of species-habitat affinity scores (environmental suitability) with creation of preliminary maps;
- *Analisi delle relazioni specie-ambiente ed attribuzione dei punteggi di affinità specie-habitat (idoneità ambientale) con la creazione di mappe preliminari*

### Stage 2 / Stadio 2

- Selection of environmental variables to be introduced into the model and preparation of the relative cartographic layers;
- *Scelta delle variabili ambientali da inserire nel modello e preparazione degli strati cartografici relativi*
- Introduction of altitudinal species presence factor
- *Inserimento del fattore di presenza altitudinale della specie*
- Definition of areas of influence of limiting factors
- *Individuazione delle aree di influenza dei fattori limitanti*
- Elaboration of models for each species
- *Elaborazione dei modelli per ciascuna specie*
- Establishing model validation criterion
- *Criterio di validazione dei modelli*

### Stage 3 / Stadio 3

- Superimposition of models and creation of bioavailability maps for homogeneous groups of species
- *Sovrapposizione dei modelli e creazione delle carte di biodisponibilità per gruppi omogenei di specie*

## 2.3.1 Basic procedure adopted in development of models

### 2.3.1.1 Choice and characterization of species present in studied area (Stage 1)

The model is extended to vertebrate species populating the studied area and divided into the following systematic classes:

- Mammals
- Birds
- Amphibians
- Reptiles

In this phase it is advisable to consult the regional faunistic database (chapter 2.5.) that summarizes the state of knowledge of the species present on the third the Piedmontese territory. For each chosen species a document is drawn up that summarizes its ecological characteristics after organizing all the information gathered from the various sources.

## 2.3.1 Procedura di base adottata nello sviluppo dei modelli

### 2.3.1.1 Scelta e caratterizzazione delle specie presenti nell'area di studio (stadio 1)

Il modello viene esteso alle specie di vertebrati che popolano le aree attorno ai laghi suddivise nelle seguenti classi sistematiche:

- *Mammiferi*
- *Uccelli*
- *Anfibi*
- *Rettili*

In questa fase è opportuna la consultazione della banca dati faunistica regionale (capitolo 2.5.) che riassume lo stato della conoscenza delle specie presenti nel territorio piemontese. Per le specie scelte viene redatta una scheda che ne riassume le caratteristiche ecologiche, frutto dell'organizzazione delle numerose informazioni raccolte.

### 2.3.1.2 Analysis of species-environment relationships and attribution of species-habitat affinity scores with the creation of preliminary maps (Stage 1)

For each species belonging to the four analyzed classes of vertebrates an environmental suitability model was developed that relates the characteristics of the territory to the ecological needs of that species. Therefore a degree of affinity was attributed to the different habitats in terms of the resource potentialities for each species. The basic cartographic data utilized were the territorial forest plans (TFP) drawn up by Regione Piemonte. These were integrated by the land-use map with a nominal resolution comparable to a map on a scale of 1:10000.

We proceeded by attributing a value in a range from 0 to 1, on the basis of the existing relationships between the examined species and the land-use categories in the TFP. The value 0 indicates environments unsuitable for the presence of the studied species; the value 1 indicates environments with high suitability. Values lying in between represent intermediate situations as expressed in Tab. 2. This way preliminary maps are prepared for each species (Fig. 2) in which the only parameter indicated is habitat suitability (species-habitat affinity model)

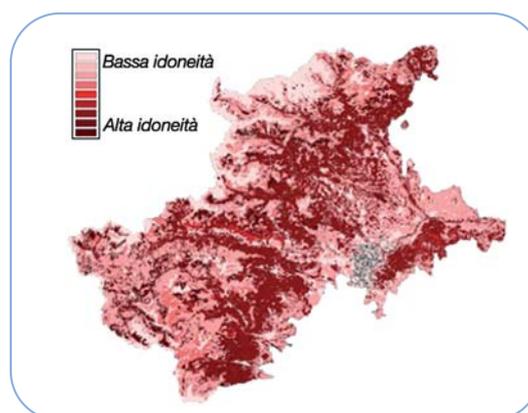
This way the portions of territory that best meet the ecological needs of the examined species are differentiated while setting aside the anthropic and natural limitations present (environmental variables).

### 2.3.1.3 Selection of environmental variables to introduce in the model and preparation of the relative cartographic layers (Stage 2)

After defining (on the basis of the habitats measured) the potential area in which the species might be more prevalent or in which it is able to complete its lifecycle, variables were introduced to measure the actual degree of suitability of the territory. In other words the information gathered up to this point was integrated with the addition of

### 2.3.1.2 Analisi delle relazioni specie-ambiente ed attribuzione dei punteggi di affinità specie-habitat con la creazione di mappe preliminari (stadio 1)

*Per ciascuna specie appartenente alle quattro classi di vertebrati analizzati è stato sviluppato un modello di idoneità ambientale che mette in relazione le caratteristiche del territorio con le proprie esigenze ecologiche. Pertanto è stato attribuito il grado di affinità dei differenti habitat in termini di potenzialità di risorse per ciascuna specie. I dati cartografici di base utilizzati sono stati i piani forestali territoriali (P.F.T.) realizzati dalla Regione Piemonte e dalla relativa integrazione della cartografia dell'uso del suolo la cui risoluzione nominale è comparabile ad una carta alla scala 1:10.000. Si è proceduto 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 uso del suolo presenti nei P.F.T.. 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 come espresso nella Tabella 2. In questo modo vengono allestite mappe preliminari per ciascuna specie (Fig. 2) in cui l'unico parametro indicato è l'idoneità dell'habitat (modello di affinità specie-habitat). In questo modo si discriminano le porzioni del territorio che meglio soddisfano le esigenze ecologiche della specie esaminata, a prescindere dalle limitazioni antropiche e naturali presenti (variabili ambientali).*



**Fig. 2**  
Example of ecological model of species-habitat affinity for part of the Province of Torino

*Esempio di modello ecologico di affinità specie-habitat per parte della provincia di Torino*

**Tab. 2**  
Habitat suitability

*Idoneità degli habitat*

Habitat suitability	Range of values	Description
<i>Idoneità dell'habitat</i>	<i>Intervallo valori</i>	<i>Descrizione</i>
Unsuitable <i>Non idoneo</i>	0 – 0.09	Land-use that does not allow a stable presence of the species because it fails to meet its minimum ecological needs or jeopardizes its very presence. <i>Usò del suolo che non permette la presenza stabile della specie in quanto non soddisfa le esigenze ecologiche minime o ne compromette la presenza stessa.</i>
Low suitability <i>Bassa idoneità</i>	0.10 - 0.29	Habitat that only partially meets the ecological needs of the species, jeopardizing its stable and ongoing presence due to detractors and limiting factors. <i>Habitat che soddisfano solo parzialmente le esigenze ecologiche della specie pregiudicandone la presenza stabile e continuativa a causa dei detrattori e dei fattori limitanti.</i>
Medium-low suitability <i>Idoneità medio/bassa</i>	0.30 - 0.49	Habitat with minimum requisites to sustain the stable presence of the species, even in conditions far from being balanced, due to the presence of limited resources. <i>Habitat che hanno i requisiti minimi per sostenere la presenza stabile della specie anche se in condizioni lontane dall'equilibrio per la presenza di risorse limitate.</i>
Medium suitability <i>Media idoneità</i>	0.50 - 0.69	Habitat that can support the presence of the species in almost balanced conditions due to the presence of environmental detractors and limiting factors (limited resources). <i>Habitat che possono supportare la presenza della specie in condizioni prossime all'equilibrio per la presenza di detrattori ambientali e per la presenza di fattori limitanti (limitatezza delle risorse).</i>
Medium-high suitability <i>Idoneità medio/alta</i>	0.70 - 0.99	Habitat optimal for presence of the species though with limiting factors but no environmental detractors. <i>Habitat ottimali per la presenza della specie seppur in presenza di fattori limitanti ma in assenza di detrattori ambientali.</i>
High suitability <i>Alta idoneità</i>	1.00	Habitat optimal for stable presence of the species with no environmental detractors. <i>Habitat ottimali per la presenza stabile della specie ed assenza di detrattori ambientali.</i>

variables that might in some way condition the distribution of the animal species.

The choice of environmental and ecological variables used in this phase is conditioned firstly by the availability of data corresponding to complete and homogeneous coverage of the examined territory. On the basis of the available data, the choice was then made as a function of the ecological characteristics of the species as well as additional bibliographic data, thereby allowing a selection of the environmental variables that best discriminate and diversify the suitability of a territory to the presence of a certain species. After distinguishing the variables to consider in the model, they are classified and weighed individually on the basis of the ecology of the

### **2.3.1.3 Selezione delle variabili ambientali da inserire nel modello e preparazione degli strati cartografici relativi (stadio 2)**

Una volta definita, sulla base degli habitat presenti, l'area potenziale nella quale una specie può essere maggiormente presente o nella quale può completare il proprio ciclo vitale, sono state introdotte delle variabili che misurano il grado di idoneità effettiva del territorio, ovvero sono state integrate le informazioni finora rilevate con l'aggiunta di quelle variabili che possono in qualche modo condizionare la distribuzione delle specie animali. La scelta delle variabili ambientali ed ecologiche utilizzate in questa fase è condizionata in primo luogo dalla disponibilità di dati con copertura omogenea e completa sul territo-

species itself or the taxonomic group to which it belongs.

On the basis of all this information the following variables, having a limiting or dissuading function to animal presence, were introduced:

- Altitude of species presence
- Inclination of terrain/exposure
- Major or secondary roads
- Railway network
- Hydrographic network
- Electricity network
- Dumps
- Quarries
- Industrial areas
- Environmental risk areas
- Sports infrastructure
- Ski slopes

For each of these it was then necessary to prepare the relative cartographic layer by elaborating the preliminary files.

#### **2.3.1.4 Introducing the factor of altitudinal species presence**

The first factor limiting the distribution area of the species is altitude, a natural limitation that defines climatic characteristics and conditions the chemical/physical/structural properties of a given environment. This is why each species is characterized by its altitudinal range (defined by the value *min/max* and *optimal min/optimal max* shown on the species chart) outside of which it is difficult to find their tracks because the existing climatic conditions do not meet their specific physiological parameters. Therefore the areas that fall above or below the *min/max* range were classified as unsuitable and not included in the subsequent analyses; the areas that fall within the *min/optimum min* and *optimum max/max* were declassified (the suitability value of the different habitats within that range was multiplied by a factor of 0.8) while the areas falling within the range of *optimum min/optimum max* altitude were classified as suitable. Tab. 3 shows the operations carried out in the elaboration of the altitudinal variable by taking as an example a

*rio preso in considerazione. Sulla base dei dati disponibili la scelta è quindi stata operata in funzione dalle caratteristiche ecologiche delle specie e da ulteriori dati bibliografici, permettendo in questo modo di selezionare le variabili ambientali che meglio discriminano e diversificano l'idoneità di un territorio alla presenza di una certa specie. Dopo aver distinto le variabili da considerare nel modello, esse vengono classificate e pesate individualmente sulla base dell'ecologia della specie stessa o del gruppo tassonomico a cui appartengono.*

*Sulla base di quanto detto precedentemente sono state inserite le seguenti variabili con funzione limitativa o di dissuasione alla presenza animale:*

- *Altitudine di presenza delle specie*
- *Pendenza del terreno/esposizione*
- *Rete stradale principale e secondaria*
- *Rete ferroviaria*
- *Rete idrografica*
- *Rete di distribuzione elettrica*
- *Presenza di discariche*
- *Presenza di cave*
- *Aree produttive*
- *Aree a rischio ambientale*
- *Infrastrutture sportive*
- *Influenza delle piste da sci*

*Per ciascuna di esse è stato infine necessario preparare il relativo strato cartografico elaborando i file di partenza.*

#### **2.3.1.4 Inserimento del fattore di presenza altitudinale della specie**

*Il primo fattore che limita l'areale di distribuzione di una specie è determinato dall'altitudine ovvero da un limite naturale che definisce le caratteristiche climatiche e condiziona le proprietà chimico/fisico/strutturali di un determinato ambiente. Per questo motivo ciascuna specie è caratterizzata da un proprio intervallo altitudinale specifico (definiti dal valore *min/max* e *min ottimale/max ottimale* riportati nella scheda della specie) al fuori del quale è difficile trovarne traccia dal momento che le condizioni climatiche esistenti non soddisfano specifici parametri*

**Tab. 3**

Elaboration of the altitudinal variable

Elaborazione della variabile altitudinale

Altitudinal brackets	Altitudes	Suitability	Multiplicative factor	Optimal suitability
Fasce Altitudinali	Intervalli quote	Idoneità	Fattore moltiplicativo	Idoneità Ottimale
1	0 - 200	0	1	0
2	200 - 400	1	0.8	0.8
3	400 - 1000	1	1	1
4	1000 - 1800	1	0.8	0.8
5	1800 - 5000	0	1	0

species with the following altitudinal ranges: min/max 200-1800 m and optimum min/optimal max 400-1000 m.

We used the altitudinal presence range given in the 2002 faunistic database files (Boitani et al., 2002) or more precise bibliographical data, where possible, found in regional or local sources. To obtain and represent this information we used the digital terrain model from CTR on a scale of 1:10000.

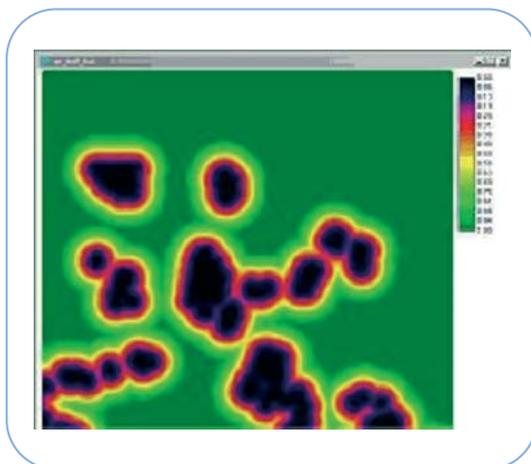
### 2.3.1.5 Determining the areas of influence of the limiting factors (Stage 2)

The limiting factors on a given territory cause disturbances to the faunistic component not only in terms of occupation of the land but also in terms of noise, vibrations, emissions of pollutants, barriers to dispersion, etc. Therefore it is possible to determine various areas of influence according to the species examined and the type of pressure examined.

**Fig. 3**

Example of fuzzy analysis

Esempio di fuzzy analysis



fisiologici propri della specie. Pertanto le aree che ricadono al di sopra e al di sotto dell'intervallo min/max sono state classificate come non idonee e non vengono considerate nelle analisi successive, le aree che ricadono nell'intervallo min/min ottim e max ottim/max sono state declassate (il valore di idoneità dei differenti habitat compresi in tale intervallo è stato moltiplicato per un fattore pari a 0,8) mentre vengono classificate idonee le aree che ricadono nell'intervallo di altitudine min ottim/max ottim. La Tabella 3 mostra le operazioni svolte nell'elaborazione della variabile altitudinale prendendo ad esempio una specie con i seguenti intervalli altitudinali: min/max 200-1800m. e min ottimale/max ottimale 400-1000m.

Sono stati utilizzati gli intervalli altitudinale di presenza riportati nelle schede della banca dati faunistica 2002 (Boitani et al., 2002), oppure, se presenti, ci si è serviti dell'apporto di eventuali dati bibliografici più precisi a livello regionale e locale. Per ottenere e rappresentare queste informazioni è stato utilizzato il modello digitale del terreno da CTR alla scala 1:10.000.

### 2.3.1.5 Individuazione delle aree di influenza dei fattori limitanti (stadio 2)

I fattori limitanti che insistono su un dato territorio arrecano disturbo alla componente faunistica non soltanto in termini di occupazione di suolo ma anche di rumore, vibrazioni, emissioni di inquinanti, forme di barriera alla dispersione etc. È possibile quindi individuare diverse aree di influenza a seconda della specie interessata e della tipologia di pressione presa in esame.

Certain buffer areas are singled out that circumscribe the portions of territory within which the disturbance is felt. By using appropriate fuzzy analysis operations the value of the influence of each pressure gets smaller as its distance gets farther from the source and it is measured by using different functions according to the type of pressure. This way we can differentiate portions of territory adjacent to the pressure factor from areas that are at a certain distance but are nonetheless still influential (figure 3).

### 2.3.1.6 Elaboration of models for each species

Affinity models were elaborated by using the software application IDRISI which made it possible to combine the data from the cartographic layers of environmental variables with the results of the environmental suitability models referring to the various previously described species. The basic methodology we used consists of a superimposition of data from the various files by performing appropriate operations to add each limiting factor as shown in figure 4.

This series of steps produces a potential distribution map of the species (Fig. 5) showing the areas of various levels of potential suitability. The final results obtained by elaborating the models were grouped into six suitability classes. Class I includes the optimal environments for the stable presence of the species, while class VI includes habitats that fail to meet the relative ecological needs of the species; classes II, III, IV and V refer to intermediate situations.

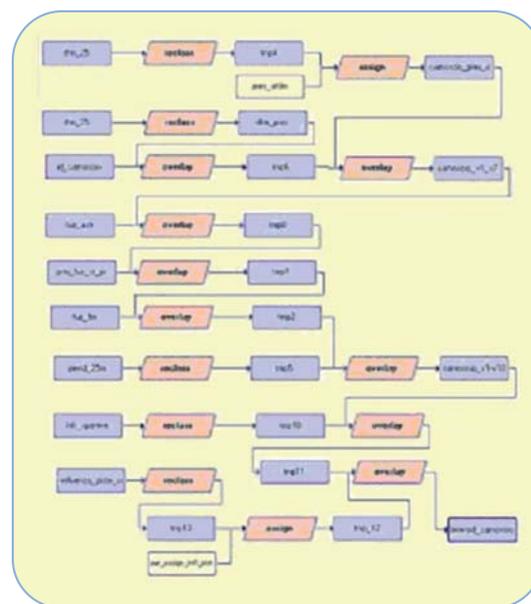
Tab. 4 shows the legend for habitat suitability. The superimposition and integration of the gathered information is implemented by using evaluation matrices or by applying computation models based on a GIS.

Each matrix is composed of two axes showing the relative values of each individual variable; the cells where the axes intersect show the resulting value to attribute to each combination of suitability values of the original variables.

*Si individuano pertanto determinate “aree buffer” che circoscrivono le porzioni di territorio entro le quali viene percepito il disturbo. Avvalendosi di idonee operazioni di “fuzzy analysis” il valore dell’influenza di ciascuna pressione viene ridotto con l’allontanarsi dalla fonte utilizzando funzioni diverse a seconda della tipologia della pressione. In questo modo è possibile discriminare porzioni di territorio adiacenti al fattore di pressione da aree ad una certa distanza che vengono comunque ancora influenzate (Fig. 3).*

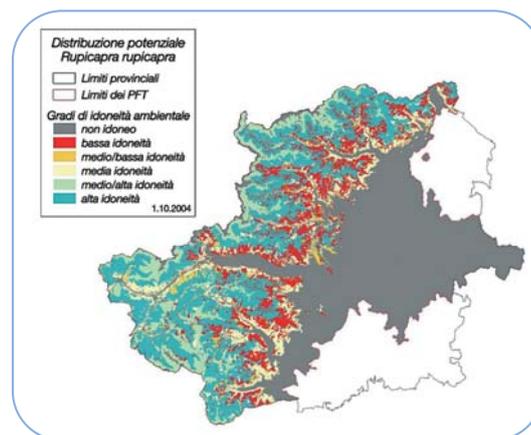
### 2.3.1.6 Elaborazione dei modelli per ciascuna specie

*L’elaborazione dei modelli di affinità è stata effettuata mediante l’utilizzo del software*



**Fig. 4**  
Example of diagram used by the Idrisi program

*Esempio di schema utilizzato dal programma Idrisi*



**Fig. 5**  
The BIOMOD model for Rupicapra rupicapra for part of the province of Torino

*Modello BIOMOD per Rupicapra rupicapra per parte della provincia di Torino*

**Tab. 4**  
Classes of environmental suitability  
*Classi di idoneità ambientale*

Class	Suitability score
Classe	Giudizio di idoneità
VI	Unsuitable <i>Non idoneo</i>
V	Low suitability <i>Bassa idoneità</i>
IV	Medium-low suitability <i>Idoneità medio/bassa</i>
III	Medium suitability <i>Media idoneità</i>
II	Medium-high suitability <i>Idoneità medio/alta</i>
I	High suitability <i>Alta idoneità</i>

Each matrix is set up on the basis of previously established rules according to our knowledge of the ecology of the species. Then a variable can be considered prevalent with respect to another and we can also take into account positive influences. Consequently each cell can assume its own specific value. The numbers shown in the cells correspond to suitability classes and therefore have a relative value and a quantitative value.

In principle an increase in the information considered (in this case the possible increase in the number of environmental variables used and the use of a larger and more detailed scale) can increase the predictive value of the model up to a certain threshold, after which the correlation between the environmental variables leads to a redundancy in the information.

The results obtainable by the realization of environmental suitability models for a given region therefore might not add anything to the indications and data extractable from the environmental suitability models built for the entire national territory. Or they might have additional information that can be utilized as an instrument for creating a correct local environmental policy for territorial planning and the sustainable use of the regional territory.

IDRISI che ha permesso l'integrazione dei dati derivati dagli strati cartografici riferiti alle variabili ambientali con i risultati dei modelli di idoneità ambientale riferiti alle diverse specie precedentemente descritte. La metodologia di base adottata si fonda sulla sovrapposizione dei dati provenienti dai diversi file adottando operazioni appropriate per l'integrazione di ciascun fattore limitante come evidenziato nella Figura 4.

Il prodotto di questa serie di passaggi consiste in una carta di distribuzione potenziale della specie (Fig. 5) che evidenzia le aree a diverso livello di idoneità potenziale.

I risultati finali ottenuti dall'elaborazione del modello sono stati accorpati in sei classi di idoneità. La classe I individua ambienti ottimali per la presenza stabile della specie mentre la classe VI evidenzia gli habitat che non soddisfano le relative esigenze ecologiche; le classi II, III, IV e V si riferiscono a situazioni intermedie.

La Tabella 4 raffigura la legenda che esprime l'idoneità dell'habitat.

La sovrapposizione e l'integrazione dell'informazione desunta si attua mediante l'uso di matrici di valutazione ovvero attraverso l'applicazione di modelli di calcolo su base G.I.S. Ciascuna matrice è composta da due assi su cui vengono riportati i relativi valori delle singole variabili; nelle celle di intersezione degli assi viene riportato il valore risultante da assegnare a ciascuna combinazione di valori di idoneità delle variabili originarie.

Ogni matrice viene istituita in base a regole stabilite precedentemente, a seconda della conoscenza sull'ecologia della specie e quindi una variabile può essere considerata preponderante rispetto ad un'altra ed è possibile inoltre considerare influenze positive. Di conseguenza ogni cella può assumere un proprio valore specifico.

I numeri riportati nelle celle corrispondono a classi di idoneità ed hanno pertanto un valore relativo e quantitativo.

In linea di principio un aumento dell'informazione considerata (nello specifico l'eventuale aumento del numero delle variabili ambienta-

The graph output representing the environmental suitability model of each species shows the various classes according to a suitability legend in which each class is designated by a certain color.

The blue area represents the class 1 zones, green shows class II, yellow shows class III, orange and red indicate the territories belonging to class IV and V respectively. Finally the unsuitable environment is depicted by dark gray.

The predictive meaning of an environmental suitability model is therefore limited to the geographic boundaries of the distribution areale (or the nesting area for avifauna) of a given species. So during the phase of analysis and interpretation of the models, with the possible addition of details regarding the fragmentation of suitable areas and unsuitable areas or conservation notes (if any), we generally refer to the environmental situation present within the areale, except in particular cases where the external set of elements might have a high ecological or conservation value for each single species (e.g. in the case of a protected area on the outer edge).

Reading the information provided by the environmental suitability model we can extrapolate different conservation indications.

In certain conditions we can see the importance of the role of low and medium suitability areas in assuring the continuity of the habitat within the distribution areale of each species by observing the continuous succession of suitable areas within the whole and simultaneously the fragmentation of high suitability areas within the latter. In fact, in these cases we can observe a mosaic structure where it is more rare to find interruptions produced by the unsuitable areas while the low, medium and high suitability areas, present in different forms and extensions, are connected to each other and represent the fundamental base for the continuity of the habitat. A good example can be seen by observing certain Alpine environ-

*li utilizzate e l'utilizzo di queste ad una scala maggiore e più dettagliata), può aumentare il valore predittivo del modello fino ad una certa soglia, oltre la quale la correlazione presente tra le variabili ambientali comporta una ridondanza nell'informazione.*

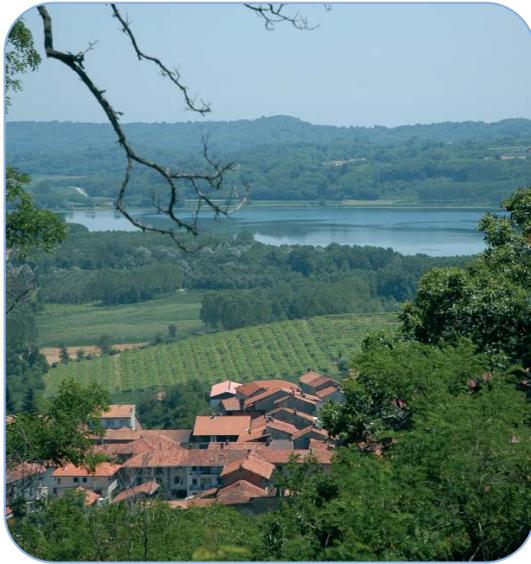
*I risultati ottenibili dalla realizzazione dei modelli di idoneità ambientale regionale possono pertanto non aggiungere nulla alle indicazioni e ai dati estraibili dai modelli di idoneità ambientale costruiti per l'intero territorio nazionale, oppure possedere informazioni aggiuntive più dettagliate in modo da poter essere utilizzate come strumento per una corretta politica ambientale locale di pianificazione territoriale e di uso sostenibile del territorio regionale.*

*Nell'output grafico rappresentante il modello di idoneità ambientale di ciascuna specie vengono visualizzate le diverse classi secondo una legenda di idoneità in cui, a ciascuna classe, è associato un determinato colore.*

*Le aree in blu rappresentano le zone incluse in classe I, quelle verdi nella classe II, le aree in giallo corrispondono alla classe III mentre quelle in arancione ed in rosso indicano i territori rispettivamente appartenenti alle classi IV e V. Infine l'ambiente non idoneo è raffigurato dal colore grigio scuro.*

*Il significato predittivo di un modello di idoneità ambientale è comunque limitato ai confini geografici dell'areale di distribuzione (o di nidificazione per l'avifauna) di una determinata specie. Per tale ragione, nella fase di analisi ed interpretazione dei modelli, con l'aggiunta di eventuali approfondimenti sulla frammentazione delle aree idonee e non o eventuali note di conservazione, ci si riferisce generalmente alla situazione ambientale presente all'interno dell'areale, ad eccezione di casi particolari in cui il complesso di elementi esterno può avere un importante valore ecologico o di conservazione per la singola specie (ad esempio la presenza di un'area protetta ai margini esterni).*

*Leggendo le informazioni fornite dal modello d'identità ambientale si possono estrapolare diverse indicazioni di conservazione.*



ments where high environmental suitability values are introduced in the mosaic of low and medium suitability areas represented by exposures and valleys.

Therefore we can presume that the alteration of this delicate mosaic of areas, which for the most part are suitable, would destroy the entire functional whole and would be a risk to the resident populations because the gene flows would stop and become more isolated. Moreover, it would damage the conservation of the species and the biodiversity in general.

### **2.3.1.7 Validation of environmental suitability models**

The validation of environmental suitability models consists of a comparison of the theoretical model with the real data of the definite presence of each single species.

This is a very delicate and critical phase in the building of the model. In fact, as a specified by Guisan and Zimmerman (2000), we should not speak about the validation but rather the evaluation of a given model because there is a fundamental conceptual difference in these two terms.

Since a model is a conceptual representation and therefore cannot be right or wrong but rather there can be a greater or lesser degree of correspondence of the model to

*In determinate condizioni è possibile notare l'importanza del ruolo delle aree a bassa e media idoneità nell'assicurare la continuità dell'habitat all'interno dell'areale di distribuzione di ciascuna specie, osservando la successione continua delle aree idonee nel complesso e contemporaneamente la frammentazione delle aree ad alta idoneità dentro le prime. Infatti in questi casi si potrà notare una struttura a mosaico dove è più raro trovare interruzioni prodotte dalle aree non idonee mentre le zone a bassa, media ed alta idoneità, presenti in forme ed estensioni diverse, sono connesse le une alle altre e rappresentano la base fondamentale per la continuità dell'habitat. Un buon esempio lo si può rilevare mediante l'osservazione di alcuni ambienti alpini in cui alti valori di idoneità ambientale sono inseriti nel mosaico di aree a bassa e media idoneità rappresentate dai versanti e dalle vallate.*

*È quindi presumibile che l'alterazione di questo delicato mosaico di aree complessivamente idonee comporterebbe la distruzione dell'intero complesso funzionale ed un rischio per le popolazioni residenti in quanto, venendo a mancare i flussi genici, se ne aumenterebbe l'isolamento a danno della salvaguardia della conservazione delle specie e della biodiversità in generale.*

### **2.3.1.7 Validazione dei modelli di idoneità ambientale**

*La validazione dei modelli d'idoneità ambientale consiste nel confronto del modello teorico con i dati reali di presenza certa di ogni singola specie.*

*Questa fase è un momento molto delicato e critico nella costruzione di un modello. In realtà, come precisato da Guisan e Zimmermann (2000), non sarebbe opportuno parlare di validazione bensì di valutazione di un determinato modello, in quanto, in questa distinzione di termini, si nasconde una fondamentale differenza concettuale.*

*Poiché un modello è una rappresentazione concettuale e quindi non può essere giusta o sbagliata ma soltanto più o meno corrispon-*

the phenomenon, it is assessed only on the basis of a overlapping of the modeled representation with the "measured" reality on the field.

Nonetheless it is advisable to provide a basic criterion for the validation analysis to differentiate between models that effectively correspond to reality and models that are inadequate for that purpose. However, this basic criterion is modified according to the various systematic groups of vertebrates on the basis of the type of available data used. The data for validating environmental suitability models varies according to the different taxonomic groups of vertebrates considered. Moreover, since the study examined here refers to a specific local situation, there will be different sets of data depending on the species studied. For the different species, in fact, we have data with a greater or lesser level of detail depending on the interest which a particular species has aroused in a given area and the resulting studies conducted on its presence in a specific areale. For each validation it is therefore advisable to indicate the relative sources of data utilized and describe the way in which they were consequently treated.

The validation analysis can be conducted on all the species of vertebrates to which the environmental suitability model has been applied and for which we have territorial records of definite presence.

The presence data utilized for the validation can refer to areas represented on the territory by a given surfaces that therefore constitute *validation polygons*. In this case, verifying whether a model agrees or not with the presence data means studying the overlaps within each validation polygon.

To do this we must calculate the percentages of cells having a different suitability within each polygon.

To establish whether there is an agreement between the results of the model and the validation polygons we must establish a threshold value above which it is considered validated. It was decided that in these stu-

*dente al fenomeno modellizzato, esso viene valutato solo in base alla sovrapposizione della rappresentazione modellizzata con la realtà "misurata" sul campo.*

*Nonostante ciò risulta comunque opportuno conferire all'analisi di validazione un criterio di base, per poter discriminare modelli che soddisfano in modo adeguato la realtà rappresentata da modelli che risultano invece inadeguati a questo scopo. Questo criterio di base si modifica comunque a seconda dei diversi gruppi sistematici di vertebrati in base al tipo di dati disponibili utilizzati.*

*I dati per la validazione dei modelli di idoneità ambientale variano a seconda dei diversi gruppi tassonomici di vertebrati considerati. Inoltre, da momento che lo studio qui esaminato è riferito ad una realtà locale specifica, saranno disponibili set di dati differenti a seconda della specie studiata. Per le diverse specie infatti si possiedono dati ad un maggiore o minore livello di dettaglio a seconda dell'interesse che queste hanno suscitato in un determinato territorio e dei conseguenti studi effettuati sulla sua presenza in un areale specifico. Per ciascuna validazione è quindi opportuno segnalare le relative fonti dei dati utilizzati e descrivere il modo in cui sono stati conseguentemente trattati.*

*L'analisi di validazione può essere effettuata su tutte le specie di vertebrati a cui è stato applicato il modello di idoneità ambientale per le quali si è in possesso di rilevamenti territoriali di presenza certa.*

*I dati di presenza utilizzati per la validazione si possono riferire ad aree rappresentate sul territorio da determinate superfici, che costituiscono quindi dei poligoni di validazione. In questo caso, verificare se un modello sia in accordo o meno con i dati di presenza, significa studiare le sovrapposizioni presenti all'interno di ogni poligono di validazione.*

*Per fare questo si calcolano quindi le percentuali di celle a differente idoneità all'interno di ciascun poligono.*

*Per stabilire se c'è accordo tra i risultati del modello ed il poligono di validazione risulta necessario fissare un valore soglia oltre il*

dies it would be set at 60%, in other words there agreement if at least 60% of the cells falling within the area of definite presence is suitable, considering this as the total of class I (high suitability), II (medium/high suitability), III (medium suitability), IV (medium/low suitability) and V (low suitability).

At this point the agreement must be assessed by taking into consideration the validation polygons as a whole. Specifically the threshold agreement value was established at 50% and therefore the model is a validated if at least 50% of the presence polygons agrees with it.

The last step is to find out if the representation of the environmental suitability model is a good reproduction of the areas of distribution and presence of the species. To do this we calculate the agreement by considering three separate categories.

The first considers only class I (i.e. high suitability); the second considers the sum of classes I, II and III (i.e. medium, medium/high and high suitability); the third considers the whole of all three comprehensively suitable classes (low suitability, medium/low suitability, medium, medium/high and high).

However, the information on the presence of other species is represented only by scores (validation scores). The validation analysis is conducted by calculating a normal index of agreement between the environmental suitability model built and of the variation scores of the studied species. This index is based on the percentage of scores contained in the set of data utilized for each species falling within suitable areas, or the all the low, medium and high suitability areas. In this case too, in order to validate a single environmental suitability model we need for at least 8% of the located surveys for a single species to fall within the areas considered suitable as a whole.

The second step, depending on the type of species presence data, we calibrate the validation by weighing the type of data differently. For example, the footprints of a species can be assessed differently from food remains

*quale si considera validato. Si è deciso, nell'ambito di questi studi, di fissarlo al 60 % ovvero c'è accordo se almeno il 60 % delle celle che ricadono nell'area di presenza certa risulta idoneo, considerando questo come l'insieme delle classi I (alta idoneità), II (idoneità medio/alta), III (media idoneità), IV (idoneità medio/bassa) e V (bassa idoneità).*

*A questo punto si valuta l'accordo considerando i poligoni di validazione nel loro complesso. Nello specifico il valore soglia di accordo è stato stabilito pari al 50 % e quindi il modello risulta validato se almeno il 50 % dei poligoni di presenza è in accordo con esso.*

*Infine si cerca di conoscere se la rappresentazione del modello di idoneità ambientale possa essere una buona riproduzione delle aree di distribuzione e di presenza della specie: per fare ciò si calcola l'accordo considerando tre categorie separate.*

*La prima considera la sola classe I, (ovvero alta idoneità), la seconda considera la somma delle classi I, II e III (ovvero media, medio/alta ed alta idoneità), la terza invece l'insieme di tutte e tre le classi complessivamente idonee (idoneità bassa, medio/bassa, media, medio/alta ed alta).*

*Per altre specie invece le informazioni circa la presenza risultano essere rappresentate solamente mediante dati di tipo puntuale (punti di validazione). L'analisi di validazione si realizza calcolando un normale indice di accordo tra il modello di idoneità ambientale costruito e i punti di variazione della specie studiata. Questo indice si basa sulla percentuale di punti contenuti nel set di dati utilizzati per ciascuna specie che rientrano all'interno delle aree idonee, ovvero l'insieme delle aree a bassa, media ed alta idoneità. Anche in questo caso, per validare un singolo modello di idoneità ambientale, è necessario che almeno il 80% dei rilevamenti localizzati per una singola specie ricadano all'interno delle aree complessivamente idonee.*

*In un secondo momento, a seconda del tipo di dati di presenza di una specie, è possibile calibrare la validazione pesando in modo differente la tipologia del dato. Ad esempio la*

or traces of a den since the data refer to different ecological and ethological situations that require different habitat conditions.

#### 2.3.1.7.1 Representing the results

For each species for which we have a set of presence data, we must also produce a graph representing the validation criterion used for the three separate categories.

On each graph, the three histograms show the categories of the previously divided models on an x-axis, while the percentage of agreement found through the validation process is given on the y-axis.

It is important to bear in mind that when a recorded agreement percentage is similar between different categories, this means that the contribution of the lesser category is insignificant in the validation process carried out. For example if we find a similar percentage in the first and second categories, the contribution of class I to the validation is negligible.

#### 2.3.1.7.2 Interpretation of the results referring to polygonal validation

When interpreting the results of the validation process we must remember certain limitations or simple considerations in reference to the data utilized.

Firstly we might find a severe limitation due to the consideration that the collection of real presence data is not generally aimed at a validation process and therefore does not translate into a specific and targeted data sampling strategy.

Moreover, if the data used for the validation analysis only contains information about presence, we will have no relative indication of the population density and not even how a given species uses the habitat or moves within it.

Therefore it is not possible in these cases to assess the environmental suitability modulation of the model but only to find the agreement between the real presence and potential presence of the species in the polygons.

*traccia del passaggio di una specie può essere valutata diversamente dai resti di alimentazione o dalle tracce di una tana dal momento che i dati si riferiscono a situazioni ecologiche ed etologiche differenti che richiedono condizioni di habitat diverse.*

#### 2.3.1.7.1 Rappresentazione dei risultati

*Per ciascuna specie per la quale sono disponibili set di dati di presenza, si produce anche un grafico che rappresenta il criterio di validazione utilizzato per le tre categorie separate.*

*In ogni grafico, i tre istogrammi descrivono in ascissa le categorie del modello precedentemente suddivise, mentre in ordinata la percentuale di accordo riscontrata attraverso il processo di validazione.*

*È importante tenere presente che nel caso in cui si registrasse una percentuale di accordo simile tra due diverse categorie significa che il contributo della categoria minore risulta irrilevante al processo di validazione realizzato. Ad esempio, se si riscontra una percentuale simile tra la prima categoria e la seconda, significa che il contributo alla validazione della classe I non è rilevante.*

#### 2.3.1.7.2 Interpretazione dei risultati riferiti alla validazione poligonale

*Nella fase di interpretazione dei risultati del processo di validazione è necessario tener presente alcune limitazioni o semplici considerazioni riferite ai dati utilizzati.*

*Innanzitutto si può riscontrare una forte limitazione dovuta alla considerazione che la raccolta dei dati di presenza reale non è generalmente finalizzata ad un processo di validazione, quindi non si traduce in una specifica e mirata strategia di campionamento dati.*

*Inoltre, se i dati utilizzati per l'analisi di validazione contengono soltanto l'informazione circa la presenza, non avremo alcuna indicazione relativa alla densità della popolazione e neppure a come una determinata specie utilizzi e si muova all'interno del proprio habitat. Non è quindi possibile in questi casi valutare la modulazione d'idoneità ambientale del modello, ma è possibile soltanto riscontrare*

Nevertheless a comparative reading of the graphs can add further important indications for interpreting the models within the area of species presence.

Lastly we must consider that the results obtained from the validation process are influenced by the criteria adopted and the data used for building the environmental suitability model and validating that model. Therefore, for each species we should dwell on the possible limitations, both implicit and explicit, found in the supplementary information that the use of particular sets of data implies.

#### 2.3.1.7.3 Interpretation of data referring to accurate validation

The first basic type of information observed by the validation process, as mentioned earlier, is the efficacy of the environmental suitability model in representing the areas actually used by the species. If the agreement index is high, it means that the points are more concentrated in the suitable areas of the model and this would confirm its reliability.

Further indications can be obtained with a complete analysis of the clarifying graph. We can shed light on the contribution provided by the areas with a different level of suitability to the results of the analysis carried out. To do this we must consider the relative percentage with which the low, medium and high suitability areas are represented within the areale. Consequently the greater the agreement index of the category with respect to the percentage of each class in the areale, the more effective it is in describing the areas utilized by the species.

#### **2.3.1.8 Overlapping models and creating bioavailability maps for homogeneous groups of species**

For the purpose of producing valid bioavailability maps of the territory for systematic categories or groups of species, it is advisable to determine the availability of the habitat for each species present in the stu-

*l'accordo tra la presenza reale e quella potenziale di una specie nei poligoni.*

*Nonostante ciò, una lettura comparata dei grafici prodotti, può aggiungere ulteriori ed importanti indicazioni nell'interpretazione dei modelli all'interno delle aree di presenza delle specie. Infine bisogna considerare che i risultati ottenuti dal processo di validazione sono influenzati a seconda dei criteri adottati e dei dati che vengono utilizzati sia per la costruzione del modello di idoneità ambientale, sia per la fase di validazione del relativo modello. Per ogni specie quindi è opportuno soffermarsi sulle eventuali limitazioni riscontrate, implicite ed esplicite, sulle informazioni aggiuntive ed integrative che l'utilizzo di particolari set di dati comporta.*

#### 2.3.1.7.3 Interpretazione dei dati riferiti alla validazione puntuale

*La prima fondamentale informazione che si osserva dal processo di validazione, come è stato già reso noto precedentemente, è l'efficacia del modello di idoneità ambientale nel rappresentare le aree effettivamente utilizzate dalle specie. Nel caso in cui l'indice di accordo fosse molto elevato, significherebbe che i punti sono maggiormente concentrati nelle aree idonee del modello e quindi ne confermerebbero l'affidabilità.*

*Ulteriori indicazioni le possiamo ottenere con un'analisi completa del grafico chiarificatore. È possibile mettere in luce il contributo relativo fornito dalle zone a differente livello di idoneità ai risultati dell'analisi svolta. Per far ciò è utile considerare la percentuale relativa con cui le aree a bassa, media ed alta idoneità sono rappresentate all'interno dell'areale. Ne consegue che quanto più l'indice di accordo di una categoria risulta maggiore rispetto alla percentuale di ciascuna classe nell'areale, tanto più quest'ultima risulta efficace nella descrizione delle aree utilizzate dalla specie.*

**2.3.1.8 Sovrapposizione dei modelli e creazione delle carte di biodiversità potenziale per gruppi omogenei di specie**  
*Al fine di poter produrre carte di biodisponi-*

died area, or produce the relative ecological model. The result of the model referring to each systematic category in the whole is given by the sum of scores for each species to all categories of land-use in order to consider the contribution each species offers to the various habitats.

Since each animal class presents different degrees of sensitivity to the different environmental variables, they are selected by following the needs that the single systematic category (or group of species) requires (Tab. 5). Moreover each animal class appears vulnerable in a different way to each variable. It is possible to distinguish the environmental variables commonly introduced in the models grouped into systematic categories.

*bilità del territorio valide per categorie sistematiche o gruppi di specie è opportuno individuare la disponibilità dell' habitat per ciascuna specie presente nell'area di studio, ovvero produrne il relativo modello ecologico. Il risultato del modello riferito a ciascuna categoria sistematica nel complesso è dato dalla somma dei punteggi attribuiti per ogni specie a tutte le categorie di uso del suolo presenti, in modo da considerare il contributo che ciascuna specie offre ai diversi habitat. Dal momento che ciascuna classe animale presenta sensibilità differenti alle diverse variabili ambientali, queste vengono selezionate seguendo le esigenze che la singola categoria sistematica (o gruppo di specie) richiede (Tabella 5). Inoltre ciascuna classe*

Limiting factors introduced	Mammals	Birds	Amphibians	Reptiles	Vertebrates
Fattori limitanti inseriti	Mammiferi	Uccelli	Anfibi	Rettili	Vertebrati
Presence altitude <i>Altitudine di presenza</i>	✓	✓	✓	✓	✓
Incline of terrain <i>Pendenza del terreno</i>	✓		✓	✓	
Road network <i>Rete stradale</i>	✓		✓	✓	
Railroad <i>Rete ferroviaria</i>	✓	✓	✓		✓
Hydrographic network <i>Rete idrografica</i>	✓	✓	✓	✓	✓
Electricity lines <i>Rete di distribuzione elettrica</i>		✓			
Dumps <i>Presenza di discariche</i>	✓	✓	✓	✓	✓
Quarries <i>Presenza di cave</i>	✓	✓	✓	✓	✓
Industrial areas <i>Aree produttive</i>	✓	✓	✓	✓	✓
Environmental risk areas <i>Aree a rischio ambientale</i>	✓	✓	✓	✓	✓
Sports infrastructure <i>Infrastrutture sportive</i>	✓	✓	✓	✓	✓
Work sites <i>Aree di cantiere</i>	✓	✓	✓	✓	✓

**Tab. 5**  
List of environmental variables divided into systematic categories

*Elenco delle variabili ambientali suddivise per categorie sistematiche*

**Tab. 6**

Incline of terrain

*Pendenza del terreno*

Mammals (Mod_1)	Birds (Mod_2)	Amphibians (Mod_3)	Reptiles (Mod_4)	Vertebrates (Mod_5)
<i>Mammiferi (Mod_1)</i>	<i>Uccelli (Mod_2)</i>	<i>Anfibi (Mod_3)</i>	<i>Rettili (Mod_4)</i>	<i>Vertebrati (Mod_5)</i>
> 50°	Not assessed <i>Non valutata</i>	> 35°	> 55°	Not introduced <i>Non inserita</i>

**Tab. 7**

Types of roads in the model by systematic category

*Tipologie stradali inserite nel modello per categoria sistematica*

Mammals (Mod_1)	Birds (Mod_2)	Amphibians (Mod_3)	Reptiles (Mod_4)	Vertebrates (Mod_5)
<i>Mammiferi (Mod_1)</i>	<i>Uccelli (Mod_2)</i>	<i>Anfibi (Mod_3)</i>	<i>Rettili (Mod_4)</i>	<i>Vertebrati (Mod_5)</i>
Motorways, free-ways, state and provincial roads <i>Auto e superstrade Statali e provinciali</i>	Not introduced <i>Non inserite</i>	Motorways, free-ways; state, provincial and municipal roads <i>Auto e superstrade Statali e provinciali Comunali</i>	Motorways, free-ways; state, provincial and municipal roads <i>Auto e superstrade Statali e provinciali Comunali</i>	Motorways, free-ways; state, provincial and municipal roads <i>Auto e superstrade Statali e provinciali Comunali</i>

**Tab. 8**

Score subtraction in the presence of industrial areas in models by systematic category

*Sottrazione del punteggio in presenza aree produttive nei modelli per categoria sistematica*

Mammals (Mod_1)	Birds (Mod_2)	Amphibians (Mod_3)	Reptiles (Mod_4)	Vertebrates (Mod_5)
<i>Mammiferi (Mod_1)</i>	<i>Uccelli (Mod_2)</i>	<i>Anfibi (Mod_3)</i>	<i>Rettili (Mod_4)</i>	<i>Vertebrati (Mod_5)</i>
60%	20%	40%	40%	50%

It is a matter of making a generic selection that takes into account the needs of each systematic category or particular group of species; secondly, we must assess for each species the actual influence of each single variable and therefore, depending on the species, different variables could be introduced that are different from those selected in table 5.

#### 2.3.1.8.1 Incline of terrain

The model excluded cells in which the incline of the terrain is greater than the threshold imposed by the systematic category, as shown in table 6.

#### 2.3.1.8.2 Road system

Depending on the systematic category examined, the cells that fall within given types of roads were reduced to the class "Absence of biodiversity" (Tab. 7).

#### 2.3.1.8.3 Railroad network

Depending on the systematic category examined, the cells that fall within railway lines were reduced to the class "Absence of biodiversity".

*animale appare vulnerabile nei riguardi di una determinata variabile in modo differente.*

*È possibile distinguere le variabili ambientali che comunemente vengono inserite nei modelli raggruppate per categorie sistematiche. Si tratta di una selezione generica che tiene conto delle esigenze che normalmente ciascuna categoria sistematica, o particolare gruppo di specie, richiede; in secondo luogo si valuta per ciascuna specie l'effettiva influenza di ogni singola variabile e pertanto, a seconda della specie potrebbero essere inserite variabili differenti da quelle selezionate (Tab. 5).*

#### 2.3.1.8.1 Pendenza del terreno

*Sono state escluse dal modello le celle in cui l'acclività del terreno risulti superiore alla soglia imposta per categoria sistematica, come mostrato nella Tabella 6.*

#### 2.3.1.8.2 Rete stradale

*A seconda della categoria sistematica presa in esame le celle che ricadono su determinate tipologie stradali sono state ridotte alla classe "Assenza di biodiversità" (Tab. 7).*

Mammals (Mod_1)	Birds (Mod_2)	Amphibians (Mod_3)	Reptiles (Mod_4)	Vertebrates (Mod_5)
Mammiferi (Mod_1)	Uccelli (Mod_2)	Anfibi (Mod_3)	Rettili (Mod_4)	Vertebrati (Mod_5)
20%	10%	15%	15%	20%

**Tab. 9**  
Score subtraction in the presence of environmental risk areas in models by systematic category

*Sottrazione del punteggio in presenza di aree a rischio ambientale nei modelli per categoria sistematica*

#### 2.3.1.8.4 Hydrographic network

Watercourses were considered during scoring with reference to the land-use by each species.

#### 2.3.1.8.5 Electricity lines

This variable was used only in the model for avifauna in (Mod\_2). The cells that fall on electricity lines were reduced by 30% of their value.

#### 2.3.1.8.6 Dumps

Dumps were considered in the scoring phase in reference to land-use by each species. Thanks to the operations carried out on the starting shape file, we were able to introduce this variable as a new category of land-use called "Dumps" (OF) and attribute the relative scores.

#### 2.3.1.8.7 Quarries

Mineral extraction areas were introduced in the scoring phase with reference to the land-use by each species. Only active quarries were considered in the category "Mining areas" (ES).

#### 2.3.1.8.8 Industrial areas

The influence of productive areas was considered differently according to the type of model adopted since each systematic category presented different influences (Tab. 8).

#### 2.3.1.8.9 Environmental risk areas

The negative influence of environmental risk areas was considered separately, depending on the type of model used (Tab. 9); the value of the detractor was calculated taking into account that these areas are normally within industrial areas and consequently their influence was already taken

#### 2.3.1.8.3 Rete ferroviaria

*A seconda della categoria sistematica presa in esame le celle che ricadono sulla rete ferroviaria sono state ridotte alla classe "Assenza di biodiversità".*

#### 2.3.1.8.4 Rete idrografica

*I corsi d'acqua sono stati considerati nella fase di attribuzione dei punteggi riferiti all'uso del suolo per ciascuna specie.*

#### 2.3.1.8.5 Rete di distribuzione elettrica

*Questa variabile è stata utilizzata unicamente nel modello per l'avifauna (Mod\_2). Le celle che ricadono in corrispondenza di linee elettriche sono state ridotte del 30 % del loro valore.*

#### 2.3.1.8.6 Presenza di discariche:

*Le discariche sono state considerate nella fase di attribuzione dei punteggi riferiti all'uso del suolo per ciascuna specie. Grazie ad operazioni svolte sullo shape file di partenza è stato possibile inserire questa variabile come nuova categoria dell'uso del suolo denominata "discariche" (DI) ed attribuire i relativi punteggi.*



into account in the variable relative to industrial areas.

#### 2.3.1.8.10 Sports infrastructure

Recently built sports infrastructure, such as the new Olympic facilities, caused the loss of natural habitats for fauna; therefore the effects of these works inevitably led to the loss of habitats suitable for the presence of terrestrial species and are considered equal to the category "urbanized areas".

### 2.3.2 Results

The elaborated models led to the realization of a set of related charts that indicate the availability of the territory to the presence of a given group of species. These were given by summation of models relative to the single species. Since the species considered are those that actually populate the analyzed territories, we acknowledge that the areas with significant bioavailability are also those in which animal presence is more conspicuous. This is why the score is translated in terms of potential bioavailability. The final

**Tab. 10**  
Potential biodiversity classes  
*Classi di biodiversità potenziale*

Class	Biodiversity assessment
Classe	Giudizio di biodiversità
VIII	Absent Assente
VII	Very low Molto bassa
VI	Low Bassa
V	Medium/low Medio/bassa
IV	Medium Media
III	Medium/high Medio/alta
II	High Alta
I	Maximum Massima

#### 2.3.1.8.7 Presenza di cave

Le aree estrattive sono state inserite nella fase di attribuzione dei punteggi riferiti all'uso del suolo per ciascuna specie. Sono state considerate solamente le cave attive presenti nella categoria "aree estrattive" (ES).

#### 2.3.1.8.8 Aree produttive

L'influenza delle aree produttive è stata considerata distintamente a seconda del tipo di modello adottato dal momento che ogni categoria sistematica presenta influenze differenti (Tab. 8).

#### 2.3.1.8.9 Aree a rischio ambientale

L'influenza negativa delle aree a rischio ambientale è stata considerata distintamente a seconda del tipo di modello adottato (Tab. 9); il valore del detrattore è stato calcolato tenendo presente che queste aree risultano normalmente all'interno di aree industriali e pertanto la loro influenza è già stata considerata nella variabile relativa alle aree produttive.

#### 2.3.1.8.10 Infrastrutture sportive

La realizzazione delle infrastrutture sportive di recente costruzione come le nuove opere olimpiche ha causato la perdita di habitat naturale per la fauna; pertanto l'impronta di tali opere ha portato inevitabilmente alla perdita di habitat idoneo alla presenza delle specie terrestri e vengono considerate al pari della categoria "aree urbanizzate".

### 2.3.2 Risultati

L'elaborazione dei modelli ha portato alla realizzazione di una serie di carte tematiche che indicano la disponibilità del territorio alla presenza di un determinato gruppo di specie frutto della sommatoria dei modelli relativi alle singole specie. Dal momento che le specie considerate sono quelle che effettivamente popolano i territori analizzati, si riconosce che le aree che presentano una biodisponibilità significativa siano anche quelle in cui la presenza animale risulta più marcata. Per questo motivo il giudizio viene tradotto in termini di

restitution expresses the cartography of the areas with a different degree of potential biodiversity in reference to the analyzed animal class. The results obtained are therefore grouped into six classes of biodiversity as shown in table 10.

## 2.4 Components of the BIOMOD model: cartographic data and databases used

The conversion of the ecological information to a suitable cartographic base makes it possible to use the results in territorial planning and management projects (such as the VIA, Ecological Incidence Evaluation, and land-use plans).

The choice of the cartographic base to use is vital for an outcome that conforms to the goals established when setting up the work. In fact it is necessary to have data with a scale of detail that corresponds correctly to the needs of the application and at the same time have a database that is shared and standardized on a regional level. For this purpose we use the following set of computerized geographical layers. In some cases we modified and elaborated certain cartographic layers in order to be able to use an environmental variable in a way that corresponded more to the needs of our work.

Below we show the set of cartographic data we used.

### 2.4.1 Database on a scale of 1:100000

**CORINE Land Cover** (Regione Piemonte, Urban Planning and Management)

Within the projects that make up the entire CORINE program (biotopes, atmospheric

*biodiversità potenziale. La restituzione finale esprime infatti la cartografia delle aree a diverso grado di biodiversità potenziale riferita alla classe animale analizzata. I risultati ottenuti sono stati quindi accorpati in 6 classi di biodiversità come espresso nella Tabella 10.*

## 2.4 Componenti del modello BIOMOD: dati cartografici e anche dati utilizzati

*La conversione delle informazioni di carattere ecologico su una base cartografica idonea permette un utilizzo dei risultati all'interno dei progetti di pianificazione e gestione territoriale (quali la Valutazione di Incidenza Ecologica, VIA, piani regolatori).*

*La scelta della base cartografica da utilizzare risulta essere di fondamentale importanza per un'uscita del lavoro conforme agli obiettivi stabiliti durante la fase di impostazione del lavoro. È infatti necessario possedere i dati ad una scala di dettaglio che risponda correttamente alle esigenze dell'applicazione ma allo stesso tempo avere una base dati comune ed omogenea a livello regionale. A questo scopo è stato utilizzato il seguente set di strati geografici informatizzati (layers). In alcuni casi si è proceduto ad una modifica ed all'elaborazione di determinati strati cartografici al fine di poter utilizzare una variabile ambientale in maniera più corrispondente alle esigenze del lavoro. Di seguito si riporta il set di dati cartografici utilizzati.*

### 2.4.1 Base dati alla scala 1:100.000

**CORINE Land Cover** (Regione Piemonte, Direzione Pianificazione e Gestione Urbanistica)

*All'interno dei progetti che compongono la*

emissions, natural vegetation, ridge erosion, water resources, soil erosion risks, etc.) the Land Cover comprises the level of study on land occupation.

The primary goal of the project is to create a standardized vectorial database relative to the land cover classified according to a legend of 44 classes divided into three hierarchical levels defined by a shared nomenclature for all the countries of the European Community.

**Road and railway network** (Regione Piemonte, Urban Planning and Management)

The data regarding the cartographic layers of the road and railroad network of the Piedmontese territory were initially acquired on an IGM cartography of 1:100,000 divided into levels: state, provincial, municipal roads, motorways, railways and railway stations. The provincial road network was later updated and integrated based on indications and recommendations from the Piedmontese provinces while the network of state roads, railroads, motorways and freeways was updated according to the indications of the Department of Transportation and Road Networks of Regione Piemonte and motorway companies.

#### 2.4.2 Database on a scale of 1:10000

**Territorial Forest Plans** (Regione Piemonte, the GESMO and GESFOR projects)

This provides land coverage/usage and forest type of Regione Piemonte and it derives from the result of an integrated photo interpretation from surveys on the field. The nominal resolution is comparable to that of a map with a scale of 1:10000.

**Digital Terrain Model** from CTR 1:10000 (Regione Piemonte)

The altimetric data was acquired in a raster

*totalità del programma CORINE (Biotopi, Emissioni atmosferiche, Vegetazione naturale, Erosione costiera, Risorse idriche, Rischio di erosione del suolo, ecc.) la Land Cover costituisce il livello di indagine sull'occupazione del suolo.*

*L'obiettivo primario del progetto consiste nella creazione di una base dati vettoriale omogenea relativa alla copertura del suolo classificata secondo una legenda di 44 classi suddivisa in 3 livelli gerarchici definiti da una nomenclatura unitaria per tutti i Paesi della Comunità Europea.*

**Rete stradale e ferroviaria** (Regione Piemonte, Direzione Pianificazione e Gestione Urbanistica)

*I dati relativi gli strati cartografici della rete stradale e ferroviaria del territorio piemontese sono stati inizialmente acquisiti sulla cartografia IGM 1:100.000, divisi nei livelli: strade statali, provinciali, comunali, autostrade, ferrovie e stazioni. La viabilità provinciale è stata successivamente aggiornata ed integrata su indicazione e segnalazione delle Province piemontesi mentre le strade statali, le ferrovie, le autostrade e le superstrade sono state aggiornate su indicazione dell'Assessorato Trasporti e Viabilità della Regione Piemonte e delle Società Autostrade.*

#### 2.4.2 Base dati alla scala 1: 10.000

**Piani Forestali Territoriali** (Regione Piemonte progetti GESMO e GESFOR)

*Fornisce la copertura degli usi del suolo e dei tipi forestali della Regione Piemonte. Tale studio deriva dal risultato da fotointerpretazione integrata da sopralluoghi in campo. La risoluzione nominale è comparabile a quella di una carta in scala 1:10.000.*

**Modello digitale del terreno** da CTR 1:10.000 (Regione Piemonte)

*Il dato altimetrico è stato acquisito in forma-*

format with pixels having a dimension of 25 m (i.e. cells of 10 by 10 meters) and with a vertical resolution to the meter. This way it was possible to later superimpose the other cartographic layers.

**Road network** (Regione Piemonte - Rapid CTR. Integration of Torino province)

The information layer regarding the road network, provided in a vectorial format, comes from maps on a scale of 1:10000. Subsequently the data was transformed into the raster format with pixels of 10 m.

**Railway network** (Regione Piemonte - Rapid CTR. Integration of Torino province)

The information about the Piedmontese railway was taken from the Regional Rapid Technical Map (CTR) on a scale of 1:10000. The data was later converted into the raster format with pixels of 10 m each.

**Hydrographic network** (Regione Piemonte - Rapid CTR. Integration of Torino province)

The information on the Piedmontese hydrography was taken from the Regional Rapid Technical Map on a scale of 1:10000. The data includes linear and aerial elements selected on the basis of length or width respectively, a connected linear graphic deriving from the linear elements and a table with the names and types of water bodies acquired on the CTR and integrated with the IGM data acquired on smaller scales (1:10000 and 1:25000). The data was then converted into the raster format with pixels of 10 m each.

**Road density** (Regione Piemonte - Rapid CTR)

The shape file was built by elaborating the road network and the territorial forest plans.

**Electricity grid** (Regione Piemonte - Rapid CTR)

The cartographic layer portrays the low,

*to raster con pixel di dimensione pari a 25 metri (ovvero celle di 10 per 10 metri) e con risoluzione verticale al metro. In questo modo è stato possibile sovrapporvi successivamente gli altri strati cartografici.*

**Rete Stradale** (Regione Piemonte - CTR speditiva. Integrazione Provincia di Torino)

*Lo strato informativo relativo alla rete stradale, fornito in formato vettoriale, deriva da cartografia in scala 1:10.000. In seguito il dato è stato trasformato in formato raster con pixel pari a 10 metri.*

**Rete ferroviaria** (Regione Piemonte - CTR speditiva. Integrazione Provincia di Torino)

*Le informazioni sulla rete ferroviaria piemontese sono tratte dalla Carta Tecnica Regionale Speditiva (CTR) alla scala 1:10.000. I dati sono stati successivamente trasformati in formato raster con pixel di dimensione pari a 10 metri ciascuno.*

**Rete Idrografica** (Regione Piemonte - CTR speditiva. Integrazione Provincia di Torino)

*Le informazioni sulla idrografia piemontese sono tratte dalla Carta Tecnica Regionale Speditiva (CTR) alla scala 1 : 10.000. I dati comprendono elementi lineari e areali selezionati rispettivamente in base a lunghezza o ampiezza, un grafo lineare connesso derivato dagli elementi lineari, e una tabella con nomi e tipologie dei corpi idrici acquisiti sulla CTR e integrati con i dati IGM acquisiti a scale minori (1:100.000 e 1:25.000). I dati sono stati successivamente trasformati in formato raster con pixel di dimensione pari a 10 metri ciascuno.*

**Densità stradale** (Regione Piemonte - CTR speditiva).

*Lo shape file è stato costruito mediante l'elaborazione della rete stradale e dei piani forestali territoriali.*

**Rete di distribuzione elettrica** (Regione Piemonte - CTR speditiva).

medium and high tension electricity lines.

**Dumps** (Regione Piemonte - Rapid CTR)

The cartographic layer portrays type 1 A dumps, the only types used as environmental variables.

**Quarries** (Regione Piemonte - Rapid CTR. Integration of Torino province)

The cartographic layer identifies existing active quarries.

**Industrial Areas** (Regione Piemonte - Rapid CTR)

The cartographic layer identifies industrial parks existing on the territory.

**Environmental risk areas** (Regione Piemonte - Rapid CTR)

The cartographic layer highlights areas that present a high environmental risk.

### 2.4.3 Faunistic database

This phase involved using a database of Piedmontese fauna which is constantly being updated. It summarizes our present knowledge of the Piedmontese vertebrate species.

The database was built as instrument that is favorable for the conservation of animal species and biodiversity in general, in view of a sustainable development policy attentive to the naturalistic emergencies present on a regional scale.

The information in the database is organized into a set of charts; for each species a chart is created with information describing the various aspects of its biology and ecology. The reported data regards the general framework of the species and its taxonomic position, presence, distribution and ecological characteristics as well as the animals' state of conservation. It also includes the

*Lo strato cartografico raffigura le linee di distribuzione elettrica a bassa, media ed alta tensione.*

**Discariche** (Regione Piemonte - CTR speditiva).

*Lo strato cartografico raffigura le discariche di tipo 1 A, le uniche ad essere utilizzate come variabili ambientali.*

**Cave** (Regione Piemonte - CTR speditiva. Integrazione Provincia di Torino)

*Lo strato cartografico individua le cave attive esistenti.*

**Aree produttive** (Regione Piemonte - CTR speditiva).

*Lo strato cartografico individua gli insediamenti industriali esistenti sul territorio.*

**Aree a rischio ambientale** (Regione Piemonte - CTR speditiva).

*Lo strato cartografico evidenzia le aree che presentano un rischio ambientale rilevante.*

### 2.4.3 Database faunistico

*Questa fase ha portato all'utilizzo di una database riguardante la fauna piemontese, in costante aggiornamento, che riassume lo stato della conoscenza sulle specie di vertebrati piemontesi.*

*Questo database è stato creato come strumento propizio alla conservazione delle specie animali ed alla biodiversità in genere, nell'ottica di una politica di sviluppo sostenibile attenta alle emergenze naturalistiche presenti su scala regionale.*

*L'informazione contenuta nel database è organizzata in una serie di schede; per ciascuna specie viene prodotta una scheda che raccoglie le informazioni che descrivono i diversi aspetti della biologia e dell'ecologia. I dati riportati sono quelli circa l'inquadramen-*

existing information on the relationships between some environmental parameters, the limiting anthropic factors and the presence of the species itself. Finally attention is given to the recognized threat factors which influence the conservation of the species. An example of the chart is shown in Tab. 11.

## 2.4.4 Analysis of detractors and their influence on the animal component

### 2.4.4.1 Analysis of the relationship between the ecological network and anthropic infrastructures

The linear transportation infrastructures (roads, railways, canals, cable ways or high-voltage lines) generate considerable disturbances in the ecological landscape of a region. Such a transportation network superimposed on metropolitan areas, natural elements of the landscape, such as rivers, lakes or mountain ridges, creates a barrier that is more or less impermeable by certain animal species. The barrier effect caused by this generates the fragmentation and parceling of the territory, making the biological cycles of the species present there ever more difficult. This phenomenon is particularly evident in the low lands or valley bottoms affected by transportation interregional or international arteries; for animals to carry out their entire lifecycles, they use their ability to interpret the landscape and use certain habitats preferentially, characterized by landscape structures close to the natural state, e.g. watercourses, rows and woods, etc.

The network of landscape elements preferred by fauna is associated with the ecological network. It is modified on the landscape structures due to human influence (agriculture, deforestation, the building of new road networks, urbanization). When the functionality of the ecological network is severely reduced, the faunistic species of interests sometimes diminish in population until they disappear locally. For many years humans have developed their network of infrastruc-

*to generale della specie e la sua posizione tassonomica, la presenza, la distribuzione le caratteristiche ecologiche ed etologiche e lo status di conservazione dell'animale. Inoltre vengono raccolte le informazioni esistenti sulle relazioni tra alcuni parametri ambientali, i fattori limitanti antropici e la presenza della specie stessa. Infine viene posta l'attenzione ai fattori di minaccia riconosciuti che influenzano la conservazione della specie. Un esempio di scheda viene riportato nella Tabella 11.*

## 2.4.4 Analisi dei detrattori ed influenza sulla componente animale

### 2.4.4.1 Analisi della relazione tra rete ecologica e infrastrutture antropiche

*Le infrastrutture di trasporto lineare (strade, ferrovie, canali, sistemi di trasporto via cavo e linee di alta tensione) generano delle grandi perturbazioni nel paesaggio ecologico di una regione e tale rete di trasporto, sovrapposta alla conurbazione urbana, agli elementi naturali del paesaggio come fiumi, laghi o creste delle montagne, crea una barriera più o meno impermeabile ad alcune specie animali. L'effetto barriera così provocato genera frammentazione e parcellizzazione del territorio, rendendo i cicli biologici delle specie presenti sempre più difficoltosi. Questo fenomeno è particolarmente evidente nelle aree di pianura o nei fondovalle interessati da arterie di trasporto con valenza interregionale o internazionale; per lo svolgimento del ciclo vitale; gli animali infatti utilizzano la propria capacità di leggere il paesaggio, utilizzando in maniera preferenziale alcuni habitat, caratterizzati per strutture del paesaggio prossime allo stato naturale come corsi d'acqua, filari e boschi... La rete degli elementi del paesaggio preferiti dalla fauna si identifica con la rete ecologica. Essa si modifica sulle strutture del paesaggio a causa dell'influenza umana (agricoltura, disboscamenti, costruzione di nuove reti stradali, urbanizzazione). Quando la funzionalità della rete ecologica è gravemente ridotta le specie di interesse faunistico possono dimi-*

**Tab. 11**  
Example Chart

Esempio di scheda  
utilizzata

<b>Systematic / Sistematica</b>	
Class <i>Classe</i>	
Order <i>Ordine</i>	
Family <i>Famiglia</i>	
Species <i>Specie</i>	
<b>Biology / Biologia</b>	
Distinctive traits <i>Caratteri distintivi</i>	Physical and morphological characteristics. <i>Caratteristiche fisiche e morfologiche.</i>
Reproduction <i>Riproduzione</i>	Rut, mating, gestation periods. <i>Periodo di fregola, accoppiamento, gestazione.</i>
Pups for bitter <i>Cuccioli per figliata</i>	Number and traits of eggs or pups/cubs. <i>Numero e caratteristiche delle uova o dei cuccioli.</i>
Characteristics of young <i>Caratteristiche piccoli</i>	Physical and morphological traits. <i>Caratteristiche fisiche e morfologiche.</i>
Average life span <i>Vita media</i>	
Home range <i>Home range</i>	Territory utilized. <i>Territorio utilizzato.</i>
<b>Ecology / Ecologia</b>	
Habitat <i>Habitat</i>	Species sighting environments. <i>Ambienti di avvistamento della specie.</i>
Habits <i>Abitudini</i>	Period of activity and inactivity, social behavior, defense techniques. <i>Periodo di attività ed inattività, comportamento sociale, tecniche di difesa.</i>
Nutrition <i>Alimentazione</i>	Predation techniques and food preferences. <i>Tecniche di predazione e preferenze alimentari.</i>
Territoriality <i>Territorialità</i>	Defensive attitudes for protecting the territory. <i>Atteggiamenti difensivi di protezione del territorio.</i>
Social structure <i>Struttura sociale</i>	Presence of a hierarchical organization. <i>Presenza di un'organizzazione gerarchica.</i>
Predators <i>Predatori</i>	Predators of the analyzed species. <i>Predatori della specie analizzata.</i>
<b>Environmental Parameters / Parametri Ambientali</b>	
Altitude (m.) <i>Altitudine (m.)</i>	Minimum and maximum, optimal minimum and optimal maximum. <i>Minima e massima, minima ottimale e massima ottimale.</i>
Incline (%) <i>Acclività (%)</i>	Gradient. <i>Pendenza.</i>
<b>Distribution / Distribuzione</b>	
<b>Existing Protection / Protezione Esistente</b>	
Habitat Directive IUCN Category Status CHECKLIST International Conventions <i>Direttiva Habitat</i> <i>Categoria IUCN</i> <i>Status CHECKLIST</i> <i>Convenzioni Internazionali</i>	Proposals for conservation of the species. <i>Proposte di salvaguardia della specie.</i>
Threat factors <i>Fattori di minaccia</i>	Elements of danger for the species. <i>Elementi di pericolo per la specie.</i>

tures, linear and aerial, without worrying about the effects on the ecological network. Only since the 1960s has the correlation between these two systems started to be taken into consideration. The transportation infrastructure is that which creates the greatest distress in terms of the correlation humans-fauna-ecosystems. The key problems deriving from this superimposition gradually emerged until three main aspects were brought to our attention:

1. the danger for those who use the road network, i.e. accidents caused by animal presence;
2. the mortality of animals following collisions and the reduction of genetic continuity among the various metapopulations;
3. fragmentation of the landscape with all the ensuing ecological effects.

#### **2.4.4.2 Linear transportation infrastructure network**

The transportation infrastructure is characterized by the role it plays within the socioeconomic system of a given region, which in turn is broken down into territorial divisions. The main transportation arteries which can affect the system examined in this study are:

- all types of roads, country roads and forest roads, railways, irrigation canals, electricity lines with high-voltage or cable ways (cable cars, ski lifts, etc.), airports, ski slopes.

The Piedmontese road system, including motorways, covers 37,426 kilometers; consequently it has an average density of 1.47 km/sq km with values generally higher on the plains and lower in the mountains. In 2000 the region had 3,315,737 vehicles in circulation.

#### **2.4.4.3 Type and importance of faunistic movements**

The factors that affect the need of fauna to move are diverse and complex. In fact animals must be able to choose the elements favorable to them and be able to access

*nuire l'entità della popolazione fino alla loro scomparsa locale. Da molti anni l'uomo ha sviluppato la sua rete di infrastrutture, lineari ed areali, senza preoccuparsi degli effetti sulla rete ecologica ed è solo dagli anni '60 che la correlazione tra questi due sistemi ha incominciato ad essere presa in considerazione. La rete delle infrastrutture di trasporto è quella che presenta i maggiori disagi in termini di correlazione uomo-fauna-ecosistemi. I principali problemi derivati da questa sovrapposizione sono a poco a poco emersi fino a focalizzare l'attenzione su tre aspetti principali:*

- 1. la sicurezza di chi utilizza la rete viaria ovvero gli incidenti provocati dalla presenza animale*
- 2. la mortalità degli animali in seguito a collisioni e la riduzione di continuità genetica tra le diverse metapopolazioni*
- 3. la frammentazione del paesaggio con tutti gli effetti ecologici che questa comporta.*

#### **2.4.4.2 Rete di infrastrutture di trasporto lineare**

*Un'infrastruttura di trasporto è caratterizzata dal ruolo che gioca all'interno del sistema socio economico di una determinata regione il quale a sua volta si articola in maniera diversa a seconda degli ambiti territoriali. Le principali arterie di trasporto che possono influenzare il sistema considerato in questo studio sono:*

- *tutte le tipologie stradali, strade campestri e forestali, ferrovie, canali irrigui, linee elettriche di alta tensione o di trasporto via cavo (funivie, sciovie...), gli aeroporti, le piste da sci.*

*La rete stradale piemontese, comprese le autostrade, si estende lungo 37.426 km; ne risulta una densità media di 1,47 km/km<sup>2</sup>, con valori generalmente più alti in pianura e modesti in montagna. Nel 2000 circolavano nella regione 3.315.737 veicoli.*

#### **2.4.4.3 Tipologia e importanza degli spostamenti della fauna**

*I fattori che agiscono sul bisogno di movimento della fauna sono vari e complessi, gli animali infatti devono essere in grado di sce-*

many different habitats that are not necessarily grouped together. Each species also has its own needs according to its stage of development, the seasons and climate. In spite of the extreme complexity of the influences that determine the mobility of fauna, we can nonetheless define a specific set of principal factors:

- **Individual factors:** these provide the animal with its own survival strategy and enable it to find and access the necessary resources for the development of its lifecycle. It is a spatial map that can identify habitual pathways in order to optimally explore the available space (vital dominion).
- **Group factors:** related to the presence on a given area of several animals that compete for utilization of the same resources. This way an internal competition factor is generated that can support the territoriality if there is a risk of overlap in the use of food resources; contextually a positive synergic factor is generated that increases the reproduction rate and safety of each individual.
- **Population factors:** these imply the limits to each individual as a function of its social "position", determined by sex and age bracket. But reproduction and the survival of reproductive individuals becomes one of the prevailing factors. For the whole of activities of the entire population the accessibility to habitats favorable to the population is a priority as a function of the load capacity of the habitat itself. When there is a risk of overusing the habitat, the dominated individuals can be forced to relocate. The mechanisms of dispersion towards new locations that are not occupied or not completely saturated often produce major losses or atypical behaviors in the species.
- **Natural changes in the environment:** these are factors that induce migration, such as seasonal changes of climate and vegetation; they cause mass migrations that are major in synchronism as well as

*gliere gli elementi a loro favorevoli e di poter accedere a tutta una serie di habitat non necessariamente raggruppati, ciascuna specie ha inoltre le proprie esigenze a seconda dello stadio di sviluppo, delle stagioni e del clima. Malgrado l'estrema complessità delle influenze che guidano la mobilità della fauna è possibile comunque definire un certo numero di fattori principali:*

- **Fattori individuali:** *permettono all'animale una propria strategia di sopravvivenza rendendo possibile il reperimento e l'accesso delle risorse necessarie per lo sviluppo del ciclo vitale. Si tratta di una mappa spaziale tale da individuare percorsi abituali al fine di esplorare in maniera ottimale lo spazio disponibile (dominio vitale).*
- **Fattori di gruppo:** *legati alla presenza su una determinata area di più animali che concorrono all'utilizzo delle stesse risorse. In questo modo si genera un fattore interno di competizione che può supportare la territorialità in caso di rischio di sovrapposizione nell'utilizzo della risorsa alimentare; contestualmente si genera un fattore sinergico positivo "di gruppo" che aumenta il tasso riproduttivo e la sicurezza di ciascun individuo.*
- **Fattori di popolazione:** *implicano dei limiti a ciascun individuo in funzione della sua "posizione" sociale, determinata dal sesso e dalla classe di età. La riproduzione e la sopravvivenza degli individui riproduttori diviene uno dei fattori preponderanti. Per l'insieme delle attività di tutta la popolazione diviene prioritaria l'accessibilità agli habitat favorevoli per la popolazione in funzione della capacità di carico dell'habitat stesso. In caso di rischio di sovrautilizzo dell'habitat gli individui dominati possono essere forzati ad una ricollocazione. I meccanismi di dispersione verso nuovi siti non occupati o non completamente saturi produce spesso delle perdite importanti o comportamenti inusuali da parte delle specie.*
- **Modificazioni naturali dell'ambiente:** *sono fattori che inducono la migrazione quali le variazioni stagionali del clima e*

scope. This type of factor implies that entire populations are often affected by particular events that are nonetheless only temporary.

- **Artificial changes in the environment:** these are generated by human activities that cause the loss of large quantities of animals and also cause major migrations. The overall impact of these changes can be supported by the population if in the course of said events the animals are initially located in sufficiently sheltered areas and later in environmental conditions which ensure the good functioning of the new population.

#### 2.4.4.4 Problems created for fauna and ecosystems by the transportation infrastructure (interaction between ecological network and road network)

Accidents involving wild animals have increased in the past ten years in Piedmont. The region, with Regional Law No. 9/2000, contemplated the allocation of funds to partially compensate only for accidents involving wild hoofed animals. One of the positive results of this law is the availability of information that makes it possible to critically assess the extent and trend of the phenomenon. The launch of a regional faunistic database has also allowed us to gather data regarding the problem of crashes since 1993 (Fig. 6). The law of 2000 had the immediate effect of increasing the number of accidents claimed for potential compensation. In general there was a decrease in the number of claims for accidents caused by non-hoofed species which are not compensated. Therefore, this drop in cases does not indicate a real decrease in the phenomenon.

The effect of transportation infrastructure on fauna can be traced to three factors:

1. Quality of habitat surrounding the road;
2. Mortality rate of the animal species;
3. Functionality of the ecological network.

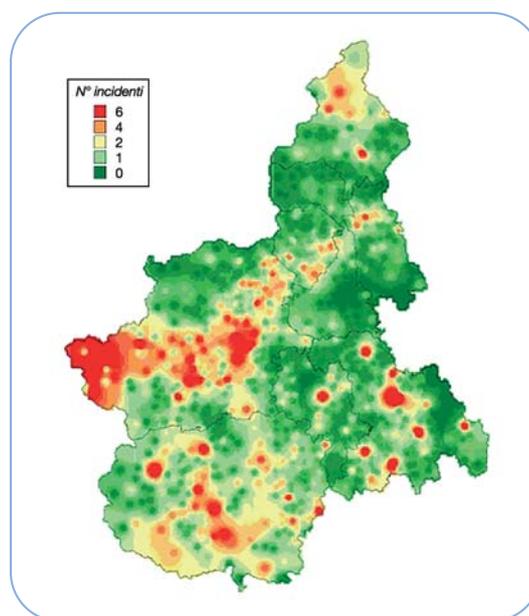
Terrestrial fauna, aquatic fauna and, to a lesser degree, avifauna, are affected by these

*della vegetazione che provocano migrazioni di massa importanti sia per il loro sincronismo sia per la loro ampiezza. Questo tipo di fattori implica che intere popolazioni vengano spesso coinvolte da eventi particolari ma circoscritti nel tempo.*

- **Modificazioni artificiali dell'ambiente:** generate dalle attività umane che provocano la perdita di ingenti quantitativi di animali e sono ugualmente generatrici di importanti migrazioni. Gli impatti globali di queste modificazioni possono essere sopportati dalla popolazione se nel corso di tali eventi gli animali trovano dapprima zone di rifugio sufficienti e in un secondo momento condizioni ambientali tali da garantire il buon funzionamento della nuova popolazione.

#### 2.4.4.4 I Problemi delle infrastrutture di trasporto sulla fauna e sugli ecosistemi (Interazione tra rete ecologica e viaria)

*Gli incidenti che coinvolgono fauna selvatica sono aumentati negli ultimi 10 anni in Piemonte. La Regione, con L.R. 9/2000, ha previsto di stanziare dei fondi a parziale indennizzo dei soli eventi che coinvolgono ungulati selvatici. Tra le ricadute positive dell'emanazione di questo provvedimento vi è la disponibilità di informazioni, che consentono*



**Fig. 6**  
Areas of greater concentration of accidents involving wild animals (taken from "Fauna selvatica ed Infrastrutture Lineari", Regione Piemonte 2005)

*Aree a maggior concentrazione di incidenti con la fauna selvatica (tratto da "Fauna selvatica ed Infrastrutture Lineari", Regione Piemonte 2005)*

three factors (quality, mortality and functionality) that most severely afflict the species which need a large territory or whose migrations depend on the presence of different habitats along the way.

**The quality of the habitat** is distressed by the direct destruction of habitats along the route of existing infrastructure and deterioration at the edges of the structure due to sound pollution, visual impact and air pollution. The impact mostly depends on the choice of the route but also the surfaces affected and the traffic volume involved translate into a direct reduction of the quality of the bordering habitat as a function of its value and vulnerability. The natural elements influenced are the landscape, the fauna and flora, and the species most interfered upon are the ones that occupy a smaller territory or rare habitats on a local or European level. An empirical model is currently used to assess the impact of motorway traffic on the basis of a cumulative gradient starting from the road edge and including two areas: the first, severely affected, is about 50 m on either side of the road and is characterized by a high level of sound pollution (louder than 65 decibels), the settling of most of the suspended particles emitted (95%) and the accumulation of fumes. The second, adjacent to the first and about 100 meters wide, in which fumes and sound pollution are still significant.

This standard scheme is valid for a road bed built on ground level on a flat terrain and must be changed according to the habitats crossed, the incline and local prevailing winds.

**The mortality of the species** is caused by collisions with automobiles and infrastructure (cables) or emissions of pollutants. The significance of mortality from accidents depends mainly on traffic and the presence of barriers or fences and translates into a reduction in the demographic density of the species in relation to the vitality of the affected populations. The problem can be exposed by analyzing the

*di valutare criticamente dimensioni e tendenze del fenomeno. L'avvio della banca dati faunistica regionale ha permesso, tra l'altro, di raccogliere tutti i dati riguardanti il problema delle collisioni dal 1993 (Fig. 6). L'emanazione della legge del 2000 ha avuto come ricaduta immediata un aumento del numero di sinistri denunciati, a fronte della possibilità di indennizzo. In generale, sono diminuite le denunce di quelli causati da specie non ungulate, che non possono essere indennizzati. Questa flessione non è pertanto indicativa di una reale diminuzione del fenomeno.*

*Gli impatti di un'infrastruttura di trasporto sulla fauna possono ricondursi a tre fattori concernenti:*

- 1. la qualità dell' habitat limitrofo alla strada;*
- 2. il tasso di mortalità delle specie animali;*
- 3. la funzionalità della rete ecologica.*

*La fauna terrestre, quella acquatica ed in misura minore l'avifauna sono affette da questi tre fattori, (qualità, mortalità e funzionalità) che affliggono più pesantemente le specie che richiedono un grande territorio o che dipendono nelle loro migrazioni dalla presenza di diversi habitat lungo il percorso.*

**La qualità dell'habitat** è afflitta dalla distruzione diretta degli habitat lungo il percorso dell'infrastruttura esistente e dalla degradazione ai bordi della struttura dovuta alle emissioni sonore, all'impatto visivo ed all'inquinamento atmosferico. L'impatto dipende soprattutto dalla scelta del tracciato ma anche le superfici interessate ed il volume di traffico coinvolto si traducono in una riduzione diretta della qualità dell'habitat limitrofo in funzione del valore e della vulnerabilità di esso. Gli elementi naturali influenzati sono il paesaggio, la fauna e la flora e le specie maggiormente interferite sono quelle che occupano un territorio ridotto o gli habitat rari a livello locale o comunitario. Un modello empirico è correntemente utilizzato per la valutazione dell'impatto dovuto al traffico delle autostrade sulla base di un gradiente cumulativo a partire dal bordo strada ed identificando due zone; la prima, fortemente impattata, larga circa 50 metri da ciascuna

data on investments made along a given road network. The most affected species are the less mobile ones which frequent the lower portions of the road; they have a very low reproduction rate and cross the road more often than others.

**The functionality of the ecological network** depends on the influence of the transportation infrastructure on the network itself and is expressed in "barrier effects" which vary in relation to the type of road, traffic intensity and type of surrounding habitat. We can single out a set of factors that express the difficulty of a species in crossing a linear transportation infrastructure:

- *Influence on their behavior*: a large number species are dissuaded from crossing a road due to the movement of vehicles, noise and emissions.
- *Inaccessible barrier*: raised roads, fences, baffles are impenetrable by fauna, but these are not the only impenetrable barriers; in the case of small animals (amphibians and invertebrates), even a simple wall or a raised lane can become a barrier.
- *Impermeability of the substratum*: the road substratum is lacking in resources for the animal species (lack of vegetation) and significantly detracts from the uniformity of the natural habitat by causing its fragmentation.
- *Microclimate*: the transportation infrastructure can alter, up to a certain distance, the usual microclimatic parameters of the natural or cultivated environments crossing them. The variation can be seen up to about 30 meters on either side of the road and the major effects involve the increase in light irradiation, surface temperature and evaporation (with the resulting reduction in the relative humidity of the air); these conditions are extremely important for a large number of invertebrates.
- *Alterations of structure and function of the surrounding vegetation*: the vegetal fabric near a road is often inappropriate for use

*parte dell'asse stradale e caratterizzata da un elevato livello sonoro (superiore a 65 decibel), dal deposito della maggior parte del particolato emesso (95%) e dall'accumulo di gas inquinanti. La seconda, adiacente la prima e larga circa 100 metri, nella quale si hanno gas e livello fonico ancora rilevabili.*

*Questo schema standard è valido per un fondo stradale realizzato a livello del suolo su un terreno piatto e deve essere modificato in funzione degli habitat attraversati, della pendenza e dei venti locali dominanti.*

**La mortalità delle specie** è causata da collisioni con auto ed infrastrutture (cavi) o dalle emissioni di inquinanti. L'importanza della mortalità da impatto dipende soprattutto dal traffico e dalla presenza di barriere o recinzioni e si traduce in una riduzione della densità demografica delle specie in relazione alla vitalità delle popolazioni interessate. Il problema può essere reso evidente attraverso un'analisi dei dati relativi agli investimenti lungo una rete viaria. Le specie più interessate sono quelle poco mobili, che frequentano le porzioni più basse della strada, che hanno un tasso di riproduzione molto basso e che attraversano maggiormente la rete viaria.

**La funzionalità della rete ecologica** è funzione dell'influenza delle infrastrutture di trasporto sulla rete stessa e viene espressa in "effetti barriera" variabili in relazione alla tipologia di strada, all'intensità del traffico ed alla tipologia di habitat circostante. È possibile individuare una serie di fattori che esprimono la difficoltà delle specie nell'attraversare una infrastruttura di trasporto lineare:

- *Influenza sul comportamento*: un gran numero di specie sono indotte a non attraversare una strada a causa del movimento dei veicoli, del rumore e delle emissioni inquinanti da essi prodotti.
- *Barriera inaccessibile*: non soltanto le strade in rilevato, le recinzioni, le barriere fonoassorbenti risultano impenetrabili alla fauna; nel caso delle specie di piccola taglia (anfibi e invertebrati) anche un semplice muretto o un rilievo della carreggiata possono rappresentare una forma di barriera.

by the fauna and this dissuades certain species (squirrels and many invertebrates) from crossing these areas.

The result of a barrier effect translates into two different sub-effects, that of **inhibition** and that of **derivation**.

The first entails the possibility that the animals (especially invertebrates, reptiles and amphibians), when encountering an insurmountable obstacle, might invert their direction and turn back. The barrier effect in this case is maximal.

The second is typical of animals that, though unable to overcome an obstacle at a given point, are able to travel rather long distances (even kilometers) along the carriageway until they find a place to cross it. This is typical of hoofed animals and most carnivores. The barrier effect is relative to the presence and number of crossings for fauna.

We can distinguish five types of roads depending on the cumulative effects they have on the animal components ("Interactions entre les reseaux de la faune et des voies de circulation", Berthoud g. et al.):



- Impermeabilità del substrato: *il substrato delle carreggiate risulta privo di risorse per le specie animali (mancanza di vegetazione) e contribuisce in maniera rilevante alla frammentazione dell'omogeneità dell'habitat naturale.*
- Microclima: *le infrastrutture di trasporto sono in grado di alterare fino ad una certa distanza i parametri microclimatici abituali degli ambienti naturali o coltivati che li attraversano. La variazione è riscontrabile fino a circa trenta metri da ciascun lato della carreggiata ed i maggiori effetti riguardano l'aumento dell'irraggiamento luminoso, della temperatura superficiale e dell'evaporazione (con conseguente riduzione dell'umidità relativa dell'aria); queste condizioni risultano essere estremamente importanti per un ingente numero di invertebrati.*
- Alterazioni della struttura e della funzione della vegetazione circostante: *il tessuto vegetale nei pressi di una strada risulta spesso inappropriato ad un utilizzo faunistico e questo spinge certe specie (scoiattoli, molti invertebrati) a non attraversare queste aree.*

La conseguenza di un effetto barriera si traduce in due differenti sotto-effetti, l'**effetto di inibizione** e quello di **derivazione**.

Il primo consiste nella possibilità che gli animali (soprattutto invertebrati, rettili e anfibi) incontrando un ostacolo insormontabile possano invertire la direzione di marcia e tornino indietro. L'effetto barriera in questo caso è massimo. Il secondo è tipico di animali che, pur impossibilitati a superare un ostacolo in un determinato punto, sono in grado di percorrere distanze più o meno lunghe (anche chilometri) lungo la carreggiata fino a trovare un varco per il transito. È tipico degli ungulati e della maggior parte dei carnivori. L'effetto barriera è relativo alle presenza e al numero dei varchi per la fauna.

È possibile distinguere 5 tipologie stradali a seconda degli effetti cumulativi arrecati alla componente animale ("Interactions entre les reseaux de la faune et des voies de circulation" Berthoud g. et al.):

- Type A: farm roads, country roads and municipal roads with minor traffic. Effects are limited to the microfauna unable to cross open spaces.
- Type B: municipal and provincial roads with limited traffic, less than 1000 vehicles a day.
- Type C: provincial and state roads with traffic between 1000-5000 vehicles a day, unfenced railways, watercourses less than 10 meters wide.
- Type D: provincial and state roads with intense traffic, between 5000-10,000 vehicles a day, railways with several tracks not fenced in, watercourses wider than 10 meters.
- Type E: motorways, state and provincial roads with very intense traffic, more than 10,000 vehicles a day, railways not fenced in, rivers with impermeabilized banks.

- *Tipologia A: strade agricole, campestri e comunali con traffico poco intenso. Effetti limitati alla microfauna non in grado di attraversare spazi aperti.*
- *Tipologia B: strade comunali e provinciali a traffico limitato, inferiore a 1000 veicoli/giorno.*
- *Tipologia C: strade provinciali e statali con traffico compreso tra i 1000 e i 5000 veicoli/giorno, ferrovie non recintate, corsi d'acqua inferiori ai 10 metri di larghezza.*
- *Tipologia D: strade provinciali e statali a traffico intenso, compreso tra i 5000 e i 10000 veicoli/giorno, ferrovie a più binari non recintate, corsi d'acqua superiori a 10 metri di larghezza.*
- *Tipologia E: autostrade, statali e provinciali a traffico molto intenso, superiore ai 10000 veicoli/giorno, ferrovie con recinzioni, fiumi con argini impermeabilizzati.*



# 3

**Identifying the elements  
of the ecological network  
on a regional and  
local scale**

*Individuazione  
degli elementi della rete  
ecologica a scala  
regionale e locale*

## 3.1 General aspects

The ecological models elaborated give us an objective criteria for assessing the presence of areas that function as an ecological corridor. Moreover, if we can identify the fixedness of the territory with the environmental suitability model, the identification of ecological corridors provides the foundation for building a dynamic model or system.

The ecological networks are an extremely important conceptual instrument for creating a the sustainable plan for using territory and conserving nature. This concept is based on the obvious affirmation that all species, both plant and animal, are distributed heterogeneously throughout the territory and this discontinuity is mainly caused by intrinsic natural factors on which historical and anthropic factors are superimposed.

Therefore it is evident that the concept of an ecological network is actually expressed in completely different ways, depending on the species examined. The overall ecological network, which is represented by overlaying various networks of all the species, has the final result of a dense parceling of the territory into small uniform areas representing the real overall ecological network existing on the territory.

### 3.1.1 Structure and functionality of the natural environment

An eco-mosaic near the natural state functions through a widespread network of complex interactions that ensure a certain level of stability to the whole, also provided by a sufficient diversity of species. The landscape can represent the whole of mosaics connected to each other by functional relationships with varying degrees of importance. The term 'ecosystem' is a theoretical notion for defining a territorial area characterized by a chemical and physical environment on which a living community (plant and animal)

## 3.1 Aspetti generali

*I modelli ecologici elaborati permettono di valutare con un criterio oggettivo la presenza di aree con funzione di corridoio ecologico. Inoltre, se con il modello di idoneità ambientale si identifica una staticità del territorio, con l'individuazione dei corridoi ecologici si pongono i presupposti per la realizzazione di un modello o di un sistema dinamico.*

*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 principalmente a fattori naturali intrinseci sui quali si inseriscono fattori storici e antropici.*

*È quindi evidente come il concetto di rete ecologica si esprima in realtà in maniera completamente diverso a seconda della specie presa in esame. La rete ecologica complessiva, che è rappresentata dalla sovrapposizione delle svariate reti di tutte le specie, ha come risultato una fitta parcellizzazione del territorio in piccole aree omogenee, che rappresentano la reale rete ecologica globale che insiste sul territorio.*

### 3.1.1 Struttura e funzionalità dell'ambiente naturale

*Un ecosistema prossimo allo stato naturale funziona attraverso una rete diffusa di complesse interazioni che assicurano all'insieme un certo livello di stabilità, garantito anche da una sufficiente diversità di specie. Il paesaggio può rappresentare l'insieme di mosaici tra di loro connessi da relazioni funzionali più o meno importanti.*

*Il termine ecosistema è una nozione teorica per definire un ambito territoriale caratterizzato da un ambiente chimico e fisico sul quale si è sviluppata una comunità vivente*

has developed and it is called biocenosis. Animal populations can be present within it and for this purpose they can be defined as metapopulations (the presence of a given species on the territory in connection with subpopulations and habitats that are not always sufficient for maintaining a living population permanently). The survival of the species in these cases depends on the coexistence of deficit or surplus subpopulations within the territory that are capable of producing new individuals to colonize the units on which other subpopulations have become extinct. In this context, for the purposes of conservation of the species, it is more important to learn about the relationships between the various local populations (mosaic of populations) rather than the single populations. For the purposes of territorial planning we need to know whether the relict areas have any actual value for the conservation of biodiversity and, if they do, we must discover what management practices to adopt to maintain that value or restore the connections of the ecological network. Hence, our focus must be on the ability of the various species to colonize a relict area as a function of the distance between it and similar habitats, whether we are talking about relict zones or large habitats.

An ecological network is the result of the utilization of and spatial connection between areas that are intact or deteriorated to varying degrees that can allow a genetic flow that varies in intensity and in time and that therefore can be considered a system for the maintenance or survival of a set of ecosystems.

The elements of an ecological network were defined by the European Community within a pan-European conservation strategy of biological diversity through:

- Core areas (also known as source areas) consisting of natural places where species can carry out all their life functions.
- Buffer zones that protect the ecological network and make it possible to avoid further deterioration of sites with a high ecological value.

*(vegetale ed animale) definita biocenosi. All'interno di esso possono essere presenti delle popolazioni animali che in questo ambito possono essere definite come metapopolazioni (presenza di una data specie sul territorio legata a sottopopolazioni ed habitat non sempre sufficienti a mantenere permanentemente una popolazione vitale). La sopravvivenza della specie in questi casi dipende dalla coesistenza sul territorio di sottopopolazioni deficitarie o eccedenti, capaci cioè di produrre nuovi individui colonizzanti le unità in cui altre sottopopolazioni si sono estinte. In questo contesto, ai fini della conservazione della specie, è più importante la conoscenza delle relazioni tra le diverse popolazioni locali (mosaico di popolazioni) più che le singole popolazioni ed ai fini della pianificazione territoriale è fondamentale conoscere se le zone relitte abbiano un effettivo valore per la conservazione della biodiversità e, in caso affermativo, quali debbano essere le pratiche di gestione per il suo mantenimento o il ripristino delle connessioni a livello di rete ecologica.*

*La maggior attenzione dovrà dunque essere posta verso l'abilità delle diverse specie alla colonizzazione di una zona relitta in funzione della distanza di questa con altri habitat simili, sia che si tratti di altre zone relitte sia di grandi habitat.*

*Una rete ecologica risulta dalla utilizzazione e connessione spaziale tra aree più o meno intatte o degradate che permettano un flusso genetico variabile in intensità e nel tempo, può essere cioè considerata come un sistema di mantenimento e di sopravvivenza di un insieme di ecosistemi.*

*Gli elementi di una rete ecologica sono stati definiti dalla Comunità Europea all'interno di una strategia paneuropea di conservazione della diversità biologica attraverso:*

- zone serbatoio o sorgente ("core areas") formate dai luoghi naturali all'interno delle quali le specie selvatiche sono in grado di espletare tutte le loro funzioni vitali.
- zone tampone ("buffer zone") che proteg-

- Elements of the landscape, continuous ("ecological corridors") or discontinuous ("stepping stones"), that allow the swapping of individuals of a certain species among critical areas.

These connections are quite different depending on the species examined. They can be represented by individuals being dispersed across or moving through the territory along certain trajectories determined to a certain extent by the suitability of the areas crossed. Or they can be mainly related to the territory itself inasmuch as their mobility is provided by air (seeds, spores, birds, insects, etc.). Moreover, not only do we take into consideration the relationships between elements of the network but the relationships between the latter and the environmental matrix (Dunning et al., 1992).

Fig. 7 shows the essential elements of the networks.

The guarantee of the network that presents these elements in the landscape is considered one of the most important instruments for the conservation of biodiversity.

The ecological networks thus structured allow us to conserve the biodiversity in a transformed landscape in which the metapopulations can move freely along the corridor areas, representing a possibility of survival for the numerous species related to the habitat which is continuously transforming.

In a slightly transformed landscape each species uses the various habitats favorable to one or more functions of its lifecycle; if

*gono la rete ecologica permettendo di evitare la degradazione ulteriore dei siti con elevata valenza ecologica*

- *elementi del paesaggio, continui ("corridoi ecologici") o discontinui ("stepping stones"), che permettono gli scambi di individui di una determinata specie tra aree critiche.*

*Queste connessioni sono di natura assai diversa a seconda della specie presa in esame. Possono essere rappresentate da individui in dispersione che si spostano sul territorio seguendo tragitti determinati in una qualche misura dalla idoneità delle aree attraversate oppure essere in gran parte slegati dal territorio stesso in quanto la mobilità è assicurata dal mezzo aereo (semi, spore, uccelli, insetti, ecc.). Inoltre vengono prese in considerazione non solo le relazioni tra gli elementi della rete ma anche quelle tra questi ultimi e la matrice ambientale (Dunning et al., 1992).*

*La figura 7 evidenzia gli elementi essenziali di una rete.*

*La garanzia della rete che presenta tali elementi nel paesaggio è considerata uno degli strumenti più importanti per la conservazione della biodiversità.*

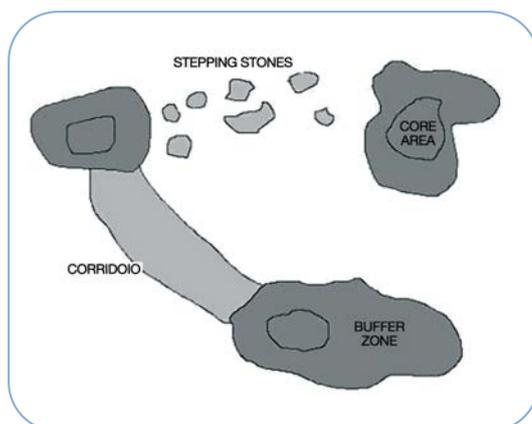
*Le reti ecologiche così strutturate permettono di conservare la biodiversità in un paesaggio trasformato nelle quali le metapopolazioni possono muoversi liberamente attraverso le aree di corridoio, rappresentando una possibilità di sopravvivenza per le numerose specie legate agli habitat in continua trasformazione.*

*In un paesaggio moderatamente trasformato ciascuna specie utilizza i diversi habitat favorevoli ad una o più funzioni del ciclo vitale; se questi habitat sono sufficientemente raggruppati per lo sviluppo di una popolazione stabile vanno a definire una Core area. A partire da queste popolazioni "madri" possono svilupparsi popolazioni "figlie" in funzione dei flussi migratori e dell'esistenza di zone affini alla presenza della specie. I corridoi ecologici possono essere costituiti da uno spazio esteso senza osta-*

**Fig. 7**

Essential elements of an ecological network

*Elementi essenziali di una rete ecologica*





these habitats are adequately grouped for the development of stable population they are defined as a core area. Based on these "mother" populations we can see the development of "daughter" populations as a function of the migratory flows and the existence of areas favorable to the presence of a species. An ecological corridor can be an extensive space without obstacles or a space that is limited in size by having guiding structures used as shelter in cases of danger, food resources in cases of need, or simply as a 'backstage' in the context of a seminatural landscape. The way they function and how they are used by the fauna depends on the environmental quality of the core areas and the ecological functionality of the various corridors.

### 3.1.2 Fragmentation and permeability

One of the major risks for the conservation of the ecological network is represented by an increase in the extent of fragmentation. The severity of fragmentation of the landscape is measured on the basis of the structure and layout of the anthropic infrastructure network. In fact the latter is the greatest source of discontinuity of the landscape and ecological network and it prevents or partially limits the ecosystem connectivity. The synergistic action of several disturbing factors increase the degree of fragmentation even more and affect the quality, capacity and functioning of the various habitats. The destruction of habitats that serve as shelters or places of transit for the species is, for example, the main cause of a reduction in biodiversity relative to species migration, the survival of young populations and the risk of genetic drift.

Therefore the importance of maintaining a functional ecological network is clear, even if it is introduced in a fragmented landscape that requires an analysis of the functionality of the existing ecological network and the means required for maintaining the network or restoring the missing elements.

*coli o da uno spazio limitato ma con la presenza di strutture guida che fungono da rifugio in caso di pericolo, da risorsa alimentare in caso di necessità o semplicemente da quinta in un contesto di paesaggio seminaturale. Le modalità di funzionamento ed il loro utilizzo da parte della fauna dipende dalla qualità ambientale delle zone sorgenti e dalla funzionalità ecologica dei diversi corridoi.*

### 3.1.2 Frammentazione e permeabilità

*Uno dei più importanti rischi per la conservazione della rete ecologica è rappresentato dall'aumento del grado di frammentazione. L'intensità della frammentazione del paesaggio si misura in base alla struttura ed alla disposizione della rete di infrastrutture antropiche; questa infatti rappresenta la maggior fonte di discontinuità del paesaggio e della rete ecologica, impedendo o limitando in parte la connettività dell'ecosistema. L'azione sinergica di più fattori di perturbazione rende ancor più elevato il grado di frammentazione ed incide sulla qualità, capacità e funzionamento dei diversi habitat; la distruzione di habitat che fungono da rifugio o da transito per le specie è ad esempio la principale causa della riduzione della biodiversità, legata al problema della migrazione delle specie, della sopravvivenza di piccole popolazioni e del rischio di deriva genetica. Appare dunque evidente l'importanza di mantenere una rete ecologica funzionale anche inserita in una realtà di paesaggio frammentato che deve essere analizzato in relazione alla funzionalità della rete ecologica esistente e ad i mezzi necessari per il mantenimento della rete o per il ripristino degli elementi mancanti. La frammentazione produce una serie di aree naturali relitte circondate da una matrice territoriale strutturalmente diversa (seminaturale o antropizzata).*

*Questi elementi si possono considerare come "isole" a diverso grado di isolamento entro cui è necessario valutarne le attuali condizioni di frammentazione pren-*

Fragmentation produces a series of natural relict areas surrounded by a structurally different territorial matrix (seminatural or anthropized).

These elements can be considered "islands" with a different degree of isolation and we can assess their current fragmentation by taking into consideration the following factors:

- Needs of the species populating these islands;
- Types and geometries of fragmentation;
- Intrinsic impacts deriving from fragmentation;
- Response capacity of the fragmented environment;
- Role of the ecological connection belts.

The first impact produced is undoubtedly a reduction in the surface area of the natural habitat available to the species present there. Moreover the fragmented areas define an environment quite different from the original one because of the alteration of the internal microclimates that increases inversely in proportion to the size of the relict units, the changes in exposure to light, the local wind regime, the potential modification of the internal water cycle, the change in distribution of surface temperatures and humidity conditions. Finally there is an alteration in the relationships between the internal relict areas (more protected) and the outer boundary strips (more vulnerable).

All in all, the ecological conditions of certain habitats are altered and this translates to further difficulties in the survival of the more vulnerable species when the surface available to a population is no longer sufficient for its maintenance.

The possibility for a species to survive depends on its ability to colonize new territories which depend on the intrinsic mobility of the species (the capacity to reach new relict areas), competition with other species, the possibility to forage for food and the capacity to adapt to new conditions.

The conservation of these species therefore depends on the maintenance of a habitat that is suitable in terms of the quality and quanti-

*endo in considerazione:*

- *Le esigenze delle specie che popolano queste isole;*
- *I tipi e le geometrie della frammentazione;*
- *Gli impatti intrinseci derivati dalla frammentazione;*
- *La capacità di risposta dell'ambiente frammentato;*
- *Il ruolo delle fasce di connessione ecologica.*

*Il primo impatto prodotto è senza dubbio la riduzione della superficie dell'habitat naturale a disposizione delle specie presenti. Inoltre le aree frammentate identificano un ambiente che presenta notevoli differenze rispetto a quello originario in termini di alterazione del microclima interno, che cresce in maniera inversamente proporzionale alle dimensioni delle unità relitte, di cambiamento delle condizioni di esposizione alla luce, del regime locale dei venti, di potenziale modificazione del ciclo interno delle acque, di mutamento della distribuzione delle temperature superficiali e delle condizioni di umidità. Infine si alterano i rapporti tra le aree interne relitte (maggiormente protette) e le fasce marginali di confine (più vulnerabili).*

*In definitiva si alterano le condizioni ecologiche di un determinato habitat che si traduce in un aumento della difficoltà di sopravvivenza delle specie più vulnerabili, nel momento in cui la superficie a disposizione di una popolazione non è più sufficiente al suo mantenimento.*

*La possibilità di sopravvivenza delle specie è in funzione della loro abilità nel colonizzare nuovi territori che dipende dalla mobilità intrinseca della specie (la capacità di raggiungere nuove zone relitte), la competizione con altre specie, la possibilità di procurarsi il cibo e la capacità di adattarsi a nuove condizioni.*

*La conservazione di queste specie dipende pertanto dal mantenimento dell'habitat idoneo sia in termini di qualità sia di quantità del territorio (capacità di sopportare un numero di individui sufficiente a contrastare il rischio di estinzione della specie o della popolazione.*

*Per questo motivo risulta fondamentale*

ty of territory (capacity to support enough individuals to struggle against the risk of extinction of the species or population).

This is why it is essential to be knowledgeable about the bioavailability of the territory and assess its layout. The models presented are one of the most effective instruments for this type of assessment.

The concept of the permeability of an infrastructure is represented by the capacity for the faunistic components to cross it and said permeability must be kept in mind consideration when seeking solutions for reducing the fragmentation of the landscape.

### 3.1.3 Fauna affected by fragmentation

All animal species are affected, though on different levels, by the three components of fragmentation:

- environmental load capacity
- mortality rate
- network functionality

as described earlier. However, though this is all perfectly clear for mammals, amphibians and reptiles, we need to make a few specifications for the other systematic categories:

#### **Invertebrates**

The scale at which the impact of fragmentation is felt much less at our latitudes. Some groups, such as Diptera and Lepidoptera are subject to bona fide migrations. Nonetheless the infrastructure can create interruptions among habitats used for different purposes (reproduction, foraging, shelter, etc.), and potentially pose risks for the survival of the species in question. In fact, most terrestrial invertebrates are very sensitive to the effect of even a small network of local infrastructure which nonetheless predates an obstacle that is difficult or impossible to overcome. Therefore it is rather difficult to introduce a solution for dealing with issues on such different scales in the management of large-scale fragmentation (large infrastructures). Since invertebrates tend to be a "rigid" species when faced with changes in their envi-

*possedere una conoscenza circa la biodisponibilità del territorio e valutarne il suo assetto. I modelli presentati sono uno degli strumenti più efficaci per questo genere di valutazioni.*

*Il concetto di permeabilità di una infrastruttura è rappresentato dalla capacità per la componente faunistica di attraversarla e tale permeabilità deve essere tenuta in considerazione nella ricerca di soluzioni per ridurre la frammentazione del paesaggio.*

### 3.1.3 Fauna interessata dalla frammentazione

*Tutte le specie animali sono interessate, anche se a livelli differenti, dalle tre componenti della frammentazione:*

- capacità di carico dell'ambiente
- tasso di mortalità
- funzionalità della rete

*così come già descritte in precedenza. Se però tutto ciò è abbastanza chiaro per mammiferi, anfibi e rettili, occorrono alcune precisazioni per le altre categorie sistematiche:*

#### **Invertebrati**

*La scala alla quale viene subito l'impatto della frammentazione è decisamente minore, alle nostre latitudini infatti, soltanto alcuni gruppi quali Ditteri e Lepidotteri sono soggetti a vere e proprie migrazioni. Ciò nonostante le infrastrutture possono creare delle interruzioni tra habitat utilizzati a fini diversi (riproduzione, foraggiamento, rifugio, ecc), creando potenzialmente dei rischi per la sopravvivenza delle specie interessate. La maggior parte degli invertebrati terrestri è infatti molto sensibile all'effetto anche soltanto della piccola rete di infrastrutture locali che va comunque a creare un ostacolo poco o affatto superabile. Risulta dunque piuttosto difficile inserire nella gestione del problema della frammentazione a grande scala (grandi infrastrutture) la trattazione di problematiche a scala tanto differente. Poiché gli invertebrati sono tendenzialmente specie "rigide" di fronte ai cambiamenti del*

ronment, and since there is a shortage of information on the behavioral effects of populations, we need to take preventative measures:

- on the level of territorial management (conservation of existing habitats, the creation and revitalization of the same);
- maintaining the possibilities for exchange (conservation of the network and guarantee of a passage around any obstacles there might be).

### **Aerial fauna**

The problem must not only be limited to birds because even many invertebrates use air travel. In general, in any case, we must take into consideration the following factors:

- the loss of habitats is not limited to surfaces overlooking the infrastructure but also buffer areas due to the generic disturbance of road travel;
- roads considerably increase the risk of mortality by collision in direct proportion to the speed of the vehicles. The following factors affect mortality:
- height of vegetation on which birds perch in relation to the roads;
- attractions on the roadside (typically food: bushes which are the habitat of micro-mammals or abound with berries);
- transparent obstacles;
- the road is an interruption in the ecological network and since birds do not move randomly but follow corridors, the intersection with roads can be a source of disorientation and possibly convince the animal to turn around (thus limiting exchanges between separate stretches of road) or overcome the obstacle by crossing the road (thus increasing the risk of accident).

### **Aquatic and amphibians**

Roads that cross watercourses must guarantee efficacy as ways of transportation but there are two critical points:

- at the intersection of roads and watercourses sometimes the watercourses

*loro ambiente e le informazioni riguardo agli effetti comportamentali delle popolazioni sono estremamente ridotte, conviene ricorrere a misure preventive:*

- *a livello di gestione del territorio (conservazione degli habitat esistenti, creazione e rivitalizzazione degli stessi);*
- *mantenendo le possibilità di scambio (conservazione della rete e garanzia di passaggio intorno ad eventuali ostacoli).*

### **Fauna aerea**

*Il problema non deve essere limitato soltanto agli uccelli poiché anche numerosi invertebrati utilizzano mezzi di spostamento aerei. In generale comunque occorre tenere in considerazione quanto segue:*

- *la perdita di habitat non si limita alla superficie sovrastante l'infrastruttura ma anche su una zona "buffer" dovuta al generico disturbo della via di comunicazione;*
- *le vie di circolazione aumentano notevolmente il rischio di mortalità per collisione, in maniera direttamente proporzionale alla velocità dei veicoli. I seguenti fattori influenzano la mortalità:*
- *altezza della vegetazione dalla quale spiccano il volo gli uccelli in relazione a quella della via di comunicazione;*
- *presenza di fattori di attrazione ai bordi della strada (tipicamente cibo: arbusti habitat di micromammiferi, o ricchi di bacche).*
- *presenza di ostacoli trasparenti;*
- *la via di comunicazione costituisce un'interruzione della rete ecologica e poiché anche gli uccelli non si muovono a caso ma seguendo i corridoi, l'intersezione con le vie di comunicazione può essere fonte di disorientamento ed eventualmente spingere l'animale ad invertire la rotta (limitando così gli scambi tra i settori separati dalla strada) o a superare l'ostacolo attraversando la strada (aumentando così il rischio di collisione).*

### **Fauna acquatica ed anfibia**

*Le strade che attraversano corsi d'acqua dovrebbero garantirne l'efficacia come vie di*



need to be modified in a way that significantly alters the roadbed;

- the return of catchment waters downstream from the road can modify the hydrology as well as the quality of the watercourses.

The interaction of these impacts can make part of the river unsuitable for fulfilling its habitat functions (puddles for reproduction and the physical impossibility of going back upstream on the watercourses). In fact, though the law contemplates maintaining the free circulation of fish, this is difficult to guarantee in practice for all the species. In fact even numerous invertebrates and other amphibians exploit watercourses.

The above-mentioned amphibians include various species that are strongly bound to watercourses for part of their lifecycle, among which we would like to point out:

- mammals such as beavers, water shrew, otter, and skunk;
- birds bound to the banks such as kingfisher, ballerina, and cutrettola, etc;
- amphibians and some reptiles such as water snakes.

These species are generally sensitive to the quality of the banks, which are not always effectively reconstituted after the building of cross works, and the animals will therefore tend to invert their route or cross the road and the latter choice entails the risks mentioned earlier.

### 3.1.4 Ecological connection corridors

One of the technical problems in the in-field identification of structures and components related to the ecological networks lies in assessing the significance and the ecological role of the corridors not only in relation to their structure but most of all in relation to their functionality and usability. In fact they are natural or seminatural units that differ from the matrix in which they are placed but are connected to it. Their main function is to allow the fauna (in particular the terrestrial vertebrates and to a lesser degree insects) to

trasporto, ma ci sono due punti critici:

- *all'intersezione tra strada e corso d'acqua. Alle volte infatti il corso d'acqua necessita di modificazioni che ne possono sensibilmente alterare le caratteristiche del letto;*
- *a valle della strada la restituzione delle acque di raccolta può modificare tanto l'idrologia quanto la qualità del corso d'acqua.*

*L'interazione di questi impatti può rendere una parte del fiume inadatta a svolgere le sue funzioni di habitat (pozze per la riproduzione piuttosto che impossibilità fisica di risalita del corso d'acqua). Infatti, benché la legge imponga il rispetto del mantenimento della libera circolazione dei pesci, essa è in pratica difficile da garantire per tutte le specie, infatti anche numerosi invertebrati ed altra fauna anfibia sfruttano i corsi d'acqua.*

*La fauna anfibia sopra citata comprende un insieme di specie fortemente legate al corso d'acqua per la realizzazione di una parte del loro ciclo vitale, tra cui si ricordano:*

- *mammiferi come il castoreo, il toporagno acquatico, la lontra e la puzzola;*
- *uccelli legati alle rive come martin pescatore, ballerina, anatidi, ecc;*
- *anfibi ed alcuni rettili come le bisce d'acqua.*

*Questi sono in generale sensibili alla qualità delle rive che non sempre vengono efficacemente ricostituite in seguito alle opere di attraversamento e gli animali avranno dunque la tendenza ad invertire il loro cammino o ad attraversare la strada, con i rischi già visti in precedenza.*

### 3.1.4 Corridoi ecologici di connessione

*Uno dei problemi tecnici nell'identificazione sul campo delle strutture e delle componenti identificabili con le reti ecologiche è valutare il significato ed il ruolo ecologico dei corridoi non solo in funzione della loro struttura ma anche e soprattutto della loro funzionalità e fruibilità. Infatti rappresentano delle unità naturali o seminaturali differenti dalla matrice in cui sono collocati ma ad essa con-*

move from one core area to another while reducing, by virtue of this connectivity, the effects of fragmentation of the natural habitats due to anthropic activity. Their importance and ecological role is maximal in areas that are already severely anthropized because they are key passages which are vital for the entire ecological network on the level of macrohabitat for which the absence of those structures would eliminate any residual conductivity.

The key aspect for locating them entails difficulties in actually recognizing the structures on the territory, ranging from their theoretical-functional aspects to their georeferencing.

It is possible to distinguish ecological corridors with a different function because every species (or group of species) shows different needs for these corridors as a function of the manner of dispersion of the species in question.

The system that allows, on a preliminary aspecific level, to determine the ecological network is based on the analysis of the capacity of the territory, or the “predilection” of each systematic group, the presence of disturbing anthropic elements as well as the analysis and processing of the results obtained. This operation can be conducted by using predictive models such as those developed by Arpa Piemonte as a tool for supporting the decisions relative to ecological incidence assessment, environmental impact assessment and, generally, in the activities of environmental analysis and gathering knowledge about the bioavailability of the territory (chapter 2 – BIOMOD model).

### 3.1.5 Territory planning aspect

Territorial planning plays an important role in the problem of fauna-traffic-anthropic infrastructure and in landscape fragmentation because it must take into account the development of society and its urbanization and integrate it into a protection of the environ-

*nessa e concatenati. La loro funzione principale è quella di consentire alla fauna (in particolare i vertebrati terrestri e in misura minore gli insetti) spostamenti da una zona sorgente ad un'altra riducendo, attraverso questa connettività, gli effetti della frammentazione degli habitat naturali a causa dell'attività antropica. La loro importanza e il loro ruolo ecologico risulta massimo in aree che sono già fortemente antropizzate, in quanto sono passaggi chiave e vitali per l'intera rete ecologica a livello di macrohabitat, per i quali l'assenza di queste strutture cancellerebbe la connettività residua.*

*L'aspetto chiave della loro individuazione è costituito dalla difficoltà di riconoscere effettivamente sul territorio queste strutture, passando dagli aspetti teorico funzionali alla loro georeferenziazione.*

*È possibile distinguere corridoi ecologici con funzione diversa dal momento che ogni specie (o gruppo di esse) mostra esigenze per questi corridoi differenti, in funzione della modalità di dispersione delle specie interessate.*

*Il sistema che consente ad un primo livello aspecifico di individuare la rete ecologica si basa sull'analisi delle capacità del territorio, ovvero delle sue vocazioni per ciascun gruppo sistematico, sulla presenza di elementi antropici di disturbo e sulla conseguente analisi ed elaborazione dei risultati ottenuti. Questa operazione è possibile utilizzando modelli predittivi come quelli sviluppati da Arpa Piemonte come strumento di supporto alla decisione nel settore della Valutazione d'Incidenza Ecologica, Valutazione d'Impatto Ambientale ed in generale nelle attività di analisi ambientale e conoscenza della biodisponibilità del territorio (capitolo 2 – modello BIOMOD).*

### 3.1.5 Aspetto pianificazione del territorio

*La pianificazione territoriale gioca un ruolo importante nel problema fauna-traffico-infrastrutture antropiche ed in quello della frammentazione del paesaggio, dovendo tener conto dello sviluppo della società e della relativa urbanizzazione integrandolo con la*

ment in the broadest sense of the term. Indeed the construction of a new infrastructure causes radical changes in the use of the space. In fact it must subsequently be subjected to an overall reorganization to cope with the loss of surface and changes in the surface water network through the construction of new green areas for ecological and landscape purposes.

We must also remember that each new infrastructure creates a new center of aggregation and development and therefore a long-term environmental protection strategy must be adopted in an overall management of the territory.

## 3.2 Methodology used to define the ecological network currently existing on the territory

The analysis and processing of the results obtained from the models of potential biodiversity (BIOmod) allow an assessment of the degree of permeability and an identification of the areas which are critical due to the presence or dispersion of animal species.

The identification of these areas is essential for arriving at a territorial plan that can maintain (or restore) a dynamic and functional balance between the ecological network and anthropic infrastructures.

Analyzing the results of the model along with the information that can be inferred by photo interpretation we can determine:

- *core areas* that represent the source areas which are the sources of biodiversity, within which the animal species are able to carry out their vital functions without external interference the vital functions of their particular species without external interference is;
- *ecological corridors*, known as transit areas connecting two nearby core areas;

*protezione dell'ambiente in senso lato. La costruzione di una nuova infrastruttura provoca infatti profonde modificazioni nell'uso dello spazio, che deve dunque essere soggetto ad una generale riorganizzazione, in risposta alle perdite di superficie, alle modificazioni della rete idrica superficiale ed attraverso la costruzione di nuove aree verdi per scopi paesaggistici ed ecologici.*

*Da non dimenticare inoltre che ogni nuova infrastruttura crea un nuovo centro di aggregazione e sviluppo ed occorrerà dunque intraprendere una strategia di protezione dell'ambiente a lungo termine attraverso una gestione globale del territorio.*

## 3.2 Metodologia proposta per l'individuazione della rete ecologica esistente sul territorio

*L'analisi e l'elaborazione dei risultati ottenuti dai modelli ecologici di biodiversità potenziale (BIOmod) permette di valutarne il grado di permeabilità, individuando quali sono le aree critiche per la presenza o la dispersione delle specie animali.*

*L'identificazione di queste aree risulta di fondamentale importanza in un'ottica di pianificazione territoriale in grado di mantenere (o ripristinare) un equilibrio dinamico e funzionale tra rete ecologica e infrastrutture antropiche.*

*Analizzando i risultati del modello e unitamente alle informazioni deducibili dalla foto-interpretazione è possibile individuare:*

- *le core areas che rappresentano le aree sorgenti di biodiversità, all'interno delle quali le specie animali sono in grado di espletare senza interferenze esterne le funzioni vitali proprie della specie;*
- *i corridoi ecologici, riconosciuti quali zone di transito che collegano due core area vicine, che rappresentano le vie preferen-*

these represented the preferred pathways of ecological connection, vital for maintaining the genetic diversity and spread and dispersion of the species;

- *residual or relict areas*, biodiversity islands destined to disappear if not recomposed within a dynamic ecological fabric.

### 3.2.1 Identification of the core areas

The results of the model allow us to determine the macro areas that present a high level of biodiversity overall (class I and II of the model) in reference to species or families for which the model was developed; the main characteristics of these portions of territory is that they are internally uniform and do not present any type of anthropic disturbance, barrier or fragmentation of the natural habitat. If they are sufficiently large (as a function of their geomorphologic and altimetric placement they might vary from a few dozen to hundreds of hectares), it is believed that within these areas the animal species are able to completely develop their lifecycle and therefore maintain the stability of the usual balances imposed by nature. Defined on paper we use these polygons and the informational geographic systems to make an initial assessment by overlapping the results obtained with the orthophoto map and verifying their consistency and reliability in relation to the real territorial layout.

### 3.2.2 Identification of the ecological corridors

Once the core areas have been defined, we work in a way that shows us the landscape structures connecting these protruding areas to each other, i.e. by subdividing them into:

- *ecological corridors of preferential transit of the already existing fauna (first level ecological corridors)*; the transit of the species is favored by the lack of anthropic disturbance and danger and the lack of

*ziali di connessione ecologica, fondamentali per il mantenimento della diversità genetica e della diffusione e dispersione delle specie;*

- *le aree residuali o relitte, isole di biodiversità destinate a scomparire se non ricomposte in un tessuto ecologico dinamico.*

### 3.2.1 Individuazione delle core areas

*I risultati del modello permettono di rilevare le macroaree che presentano nel loro complesso un alto livello di biodiversità (classe I e II del modello) riferito alle specie o alle famiglie per le quali è stato sviluppato il modello; la principale caratteristica di queste porzioni di territorio è che risultano omogenee al loro interno non presentando forme di disturbo antropico, barriera e di frammentazione dell'habitat naturale. Se risultano di dimensioni sufficientemente elevate (in funzione della loro collocazione geomorfologia ed altimetrica possono variare da alcune decine alle centinaia di ettari) si ritiene che all'interno di queste aree le specie animali siano in grado sviluppare completamente il loro ciclo vitale, mantenendo pertanto stabili gli equilibri consueti che la natura impone. Definiti su carta questi poligoni, si attua, attraverso l'utilizzo di sistemi geografici informativi, una prima verifica sovrapponendo i risultati ottenuti con le ortofotocarte, verificandone la coerenza e l'attendibilità con il reale assetto del territorio.*

### 3.2.2 Identificazione dei corridoi ecologici

*Una volta individuate le core areas si opera in modo che si possano riconoscere le strutture del paesaggio che permettono di connettere queste aree sorgenti tra di loro suddividendole in:*

- *i corridoi ecologici di transito preferenziale della fauna già esistenti (corridoi ecologici di primo livello); il transito delle specie viene favorito dall'assenza di disturbo e pericolo da parte della compo-*



evident forms of barriers, or by the size of the corridor, generally large, to serve a "filtering" function and protection against external interferences. In these situations, the barrier effects and resulting drift, as well as the inhibition effects, are practically null or very limited; the only limitation is due to the fact that the fauna uses a substratum having few resources or a territory too small for carrying out the main life functions of their species (reproduction, predation, shelter, etc.);

- *the most vulnerable areas for maintaining ecological connectivity (second level ecological corridors)*. In this case the transit of species is limited by the anthropic influence in terms of disturbances and risks to the fauna. The linear infrastructure network is the main limiting factor – it strongly inhibits the crossing of the species because the infrastructure in question is frequented by vehicles and hence is a risk to the survival of the individual. Other causes of disturbance might be the presence of homes or other types of infrastructure (industrial areas, ski slopes) bordering on the ecological corridor and natural barriers (rivers or the incline of the terrain);

In this case too, identifying a possible ecological corridor is guided firstly by observing the ecological model built and taking into consideration the areas of medium/low (class IV) to high (class I) biodiversity found between the two neighboring core areas; secondly, after the possible transit routes are identified, we use the orthophoto map as a verification method. Finally it is necessary to acquire direct information by making infield visits that should be repeated (generally in different seasons) to ascertain the real functionality of the corridor on paper and, if necessary, fine-tune the borders.

This survey method also consists of highlighting:

- the areas with portions of territory having a high level of potential biodiversity that are isolated due to anthropic infrastruc-

*ture antropica e dalla mancanza di forme di barriera evidenti oppure dalla dimensione del corridoio, generalmente elevata, in modo da possedere una funzione di "filtro" e protezione dalle forme di interferenze esterne. L'effetto barriera ed i conseguenti effetti di derivazione ed inibizione, sono in queste situazioni, pressoché nulli o molto limitati; l'unica limitazione è dovuta al fatto che la fauna utilizza un substrato a basso tasso di risorse o un territorio ad estensione troppo limitata per l'espletamento delle principali funzioni vitali proprie della specie (riproduzione, predazione, rifugio...);*

- le aree più vulnerabili per il mantenimento della connettività ecologica (**corridoio ecologici di secondo livello**). In questo caso il transit delle specie è limitato dall'influenza antropica in termini di disturbo e rischio per la fauna. La rete di infrastrutture lineari è il principale fattore limitante dal momento che inibisce fortemente l'attraversamento delle specie in funzione della frequentazione dell'infrastruttura interessata da parte dei veicoli e rappresenta pertanto un fattore di rischio per la sopravvivenza dell'individuo. Altre cause di disturbo possono essere la presenza di abitazioni o altre tipologie di infrastrutture (aree industriali, piste da sci) limitrofe al corridoio ecologico e l'esistenza di barriere naturali (fiumi o acclività del terreno);

*Anche in questo caso l'individuazione del possibile corridoio ecologico è guidato in primo luogo dall'osservazione del modello ecologico realizzato, tenendo in considerazione le aree a grado di biodiversità da medio/basso (classe IV) ad alto (classe I) che si trovano tra due core areas contigue; in secondo luogo, una volta identificate le possibili vie di transito, ci si avvale dell'utilizzo dell'ortofotocarta come metodo di verifica. Infine è doveroso e necessario l'acquisizione di informazioni dirette tramite visite in campo da effettuarsi a più riprese (generalmente in stagioni differenti) per accertare la reale funzionalità del corridoio riscontrato*

re (linear and areale) internally (potential ecological corridors to be restored);

- the strips along the major regional water-courses that can ensure the continuity of the ecological network or serve as potential longitudinal corridors (fluvial ecological corridors). Within the strips we can use photo interpretation to determine the areas characterized by a good degree of naturalness and assess their efficiency as areas that can be used by mammals, also taking into account the presence of limiting anthropic activities.

### 3.2.3 FRAGM ecological model

Another way of determining the elements of an ecological network by assessing the functionality of the ecological corridors and the degree of fragmentation of habitats is that originating from the analysis of "Cost Distance". This has led to the realization of the **FRAGM ecological model**.

In particular "ecological connectivity" can be defined as an intrinsic characteristic of the territory and it refers to the territory's capacity for hosting animal species and allowing them to move around.

The analysis of this parameter allows us to:

- Identify the core areas, and possibly the "stepping stones", if any, as well as the ecological corridors connecting them;
- Assess the level of interconnection of the core areas and degree of habitat fragmentation;
- Assess the functionality of the ecological corridors singled out by highlighting the criticalities (if any).

The analysis was conducted in a GIS environment using the "Cost" function of the IDRISI32 software which allowed us to use an algorithm to assess the "cost" of moving from one point to another in space and overcoming the effects of obstacles more or less difficult to overcome by the wild animals. These are expressed by friction values. As the frictions increase, so does the cost of movement, which in this case was conside-

*sulla carta e, nel caso fosse necessario, rettificarne i confini.*

*Questa metodologia d'indagine prevede inoltre che vengano evidenziate:*

- *le aree che al loro interno possiedono porzioni di territorio con alto livello di biodiversità potenziale ma che risultano isolate a causa della presenza di infrastrutture antropiche (lineari e areali) al loro interno (corridoi ecologici potenziali da ripristinare);*
- *le fasce lungo i principali corsi d'acqua regionali che possono garantire la continuità della rete ecologica o fungere da potenziali corridoi longitudinali (corridoi ecologici fluviali). All'interno di queste fasce è possibile individuare, attraverso la fotointerpretazione, le aree caratterizzate da un buon grado di naturalità e valutarne l'efficienza come aree utilizzabili dalla mammalofauna, anche in relazione alla presenza di attività antropiche limitanti.*

### 3.2.3 Modello ecologico FRAGM

*Un altro modo di individuare gli elementi della rete ecologica valutando la funzionalità dei corridoi ecologici e il grado di frammentazione degli habitat è quello derivato dall'analisi del "Cost Distance" che ha portato alla realizzazione del **modello ecologico FRAGM**.*

*In particolare, la "connettività ecologica" può essere definita come una caratteristica intrinseca del territorio e intesa come la sua capacità di ospitare specie animali e permetterne lo spostamento.*

*L'analisi di questo parametro consente di:*

- *individuare le Core areas, le eventuali "Stepping stones" e i corridoi ecologici che le collegano;*
- *valutare il livello di interconnessione delle Core areas e il grado di frammentazione degli habitat;*
- *valutare la funzionalità dei corridoi ecologici individuati evidenziandone eventuali criticità.*

*L'analisi è stata condotta in ambiente GIS utilizzando la funzione "Cost" del software*



**Tab. 12**

Friction value for various land-uses (newly introduced categories in bold)

Valore di frizione per i diversi usi del suolo (in grassetto le categorie di nuova introduzione)

Type of land-use	Initials corresponding to the PFT category	CORINE Land Cover Code	Friction Value (cost)
<i>Tipologia uso del suolo</i>	<i>Sigla categoria PFT corrispondente</i>	<i>Codice CORINE Land Cover</i>	<i>Valore di frizione (cost)</i>
Forest surfaces, shrubs, formerly arable land, grasslands and peat bog <i>Superfici forestali, cespuglieti, ex-coltivi, praterie e torbiere</i>	UM, SP, RI, RB, QV, QR, QC, PS, PR, PN, PL, PG, PE, PB, OV, LC, FA, CV, CP, CE, CB, CA, BS, AS, AN, AF, AB (SF), TB	311, 312, 313, 321, 322, (323) 324	1
Wood tree arboriculture plantations <i>Impianti di arboricoltura da legno</i>	AL, AX, AY, AZ		5
Permanent meadows on plains, pasture-meadows <i>Prati stabili di pianura, prato-pascoli</i>	PT, PX	231, 244	10
Minor roads <i>Viabilità minore</i>	<b>VM</b>		10
Farming areas with natural spaces <i>Aree agricole con spazi naturali</i>		243	15
Rocks, exposed gravelly river beds and heaps of rubble <i>Rocce, greti e macereti</i>	RM, GR	331, 332, 333	20
Wetlands and reed thickets <i>Zone umide e canneti</i>	CN, ZU	411	40
Fruit orchards and vineyards (woody crops) <i>Frutteti e vigneti (colture legnose)</i>	FV	221, 222	100
Mixed farming zones <i>Zone agricole eterogenee</i>			150
Sowable land <i>Seminativi</i>	SE	241, 242	200
Lotic waters (water courses) <i>Acque lotiche (corsi d'acqua)</i>	AQ	211, 212, 213	200
Urban greenery (parks and infrastructure) <i>Verde urbano (parchi e infrastrutture)</i>	UV	511	300
Mining areas <i>Aree estrattive</i>	ES	141, 142	600
Linear infrastructure (state and provincial roads, railways, canals and forced ducts) <i>Infrastrutture lineari (strade statali, provinciali, ferrovie, canali artificiali e condotte forzate)</i>	<b>IL</b>	131, 132, 133	1000
Lentic waters (natural and manmade basins) and glaciers <i>Acque lentiche (bacini naturali e artificiali) e ghiacciai</i>	<b>AG, GH</b>	512, 335	10000
Urbanized areas (urban districts, dumps, motorways) <i>Aree urbanizzate (aree urbane, discariche, autostrade)</i>	<b>UI, OF</b>	121, 122, 124, 111, 112	10000



The input files used by the model are relative to the core areas, the friction surfaces, the linear infrastructure and the gradients.

The methodology adopted consists of using appropriate operations based on overlapping and integrating the data from the various files converted into a raster format with cells having a gage of 10 m.

The major elements underlying territorial connectivity analysis through the model based on the "Cost distance" are:

- The distance between the various core areas: in fact it is evident that the further these are from each other, the lower the functionality of a given ecological corridor will be;
- The types of land-use making up the matrix between the core areas;
- The morphology of the territory, which can influence the movements of the fauna: particularly steep areas can be an obstacle. By using the DTM, three gradient classes were determined, each of which was assigned a "pejorative" value.

The final cartographic restoration of the results supplied by the model shows the

*mentre il secondo è costituito dalle superfici di frizione (la matrice interposta alle sorgenti), ovvero quelle che rappresentano un ostacolo al passaggio o alla permanenza della teriofauna. I valori di frizione assegnati alle diverse classi dipendono dal loro grado di permeabilità ecologica e sono stati tratti in parte dalla letteratura e in parte determinati attraverso la tecnica del "confronto a coppie". Il "costo base" è assegnato alle aree sorgente (che rappresentano i punti d'arrivo o di partenza degli spostamenti) ed è pari a 1.*

*Il valore di frizione attribuito ad ogni classe di uso del suolo è crescente al crescere del grado di difficoltà incontrato dai mammiferi a permanervi o a muoversi attraverso di esse (e sarà dunque massimo per le aree urbane e le principali infrastrutture lineari, quali autostrade e superstrade) e, come evidenziato nella tabella, è compreso in un intervallo che oscilla tra 5 e 10.000 (frizione massima).*

*I files di input utilizzati dal modello sono relativi alle aree sorgente presenti, alle superfici di frizione, alle infrastrutture lineari e alle pendenze. La metodologia adottata si basa sulla sovrapposizione e integrazione dei dati (convertiti in formato raster con celle con passo di 10 m) provenienti dai diversi files tramite operazioni appropriate.*

*I principali elementi su cui si basa l'analisi della connettività del territorio attraverso il modello basato sul "Cost distance" sono:*

- *la distanza tra le diverse aree sorgente: è infatti evidente che tanto più queste sono distanziate tra loro, tanto più bassa sarà la funzionalità di un determinato corridoio ecologico;*
- *le tipologie di uso del suolo che costituiscono la matrice interposta alle aree sorgente;*
- *la morfologia del territorio, che può influenzare gli spostamenti della fauna: aree particolarmente acclivi possono infatti rappresentare un ostacolo. Attraverso l'utilizzo del DTM, sono state individuate tre classi di inclinazione a ognuna delle quali è stato assegnato un valore "pejorativo".*

ecological corridors and their degree of functionality, as well as the level of interconnection of the natural areas and their degree of fragmentation.

On the basis of the values assumed by the Cost Distance, we identified six different classes. These are shown on the table 13 and express the natural connectivity level of a given territory.

*La restituzione cartografica finale dei risultati forniti dal modello evidenzia i corridoi ecologici e il loro grado di funzionalità, nonché il livello di interconnessione delle aree naturali e il loro grado di frammentazione.*

*Sulla base dei valori assunti dal Cost distance sono state individuate sei classi diverse, (Tab. 13), che esprimono il livello di connettività naturale di un dato territorio.*

**Tab. 13**

Classes of ecological connectivity

*Classi di connettività ecologica*

Class	Value
<i>Classe</i>	<i>Valore</i>
High <i>Alta</i>	0-50
Medium high <i>Medio alta</i>	51-200
Medium <i>Media</i>	201-800
Scarce <i>Scarsa</i>	801-1000
Very scarce <i>Molto scarsa</i>	1001-10000
Absent <i>Assente</i>	>10000

# 4

**Elaborated ecological models**

*Modelli ecologici elaborati*

Development of the work led to the realization of the:

- **BIOMOD model** for single species on a regional scale (1:100000) and on a provincial scale (1:10000);
- **Potential biodiversity models** for systematic categories or groups of species (e.g. species in the Habitat Directive) on a regional scale (1:100000) and provincial (1:10000);
- **FRAGM model** on a regional scale (1:100000) and local (1:10000)

## 4.1 BIOMOD

The model described in the previous paragraphs was applied to vertebrates populating the regional territory. The procedure adopted refers to the passages described in Chapter 2.3.

The major results in the application of this procedure can be summarized as follows:

- Drawing up of descriptive charts for each species;
- Assigning species-habitat affinity scores;
- Creating a “BIOMOD” model for each species;
- Verifying the reliability of the potential distribution model through the validation process.

The BIOMOD model for each single species is realized on different scales:

- **BIOMOD 100,000**, which covers the entire region, with the use of cartographic bases on a scale of 1:100000;
- **BIOMOD 10,000**, on a provincial level, with cartographic data on a scale of 10,000.

As an example of application of the model, we chose **the wolf** (*Canis lupus*), and attributed it with ample values and potentialities conservation, notwithstanding, on the basis of its biological and ecological characteris-

*Lo sviluppo del lavoro ha portato alla realizzazione:*

- *Del **modello BIOMOD** per singole specie a scala regionale (1 :100.000) e provinciale (1 : 10.000);*
- *Di **modelli di biodiversità potenziale** per categorie sistematiche o gruppi di specie (es. specie in Direttiva Habitat) a scala regionale (1:100.000) e provinciale (1 : 10.000);*
- *Del **modello FRAGM** a scala regionale (1:100.000) e locale (1:10.000)*

## 4.1 BIOMOD

*Il modello descritto nei paragrafi precedenti è stato applicato per le specie di vertebrati che popolano il territorio regionale. La procedura adottata fa riferimento ai passaggi descritti nel capitolo 2.3.*

*I risultati principali nell'applicazione di questa procedura possono essere riassunti come segue:*

- *Redazione di schede descrittive per ogni specie;*
- *Assegnazione dei punteggi di affinità specie-habitat;*
- *Creazione del modello “BIOMOD” per ciascuna specie;*
- *Verifica dell’attendibilità del modello di distribuzione potenziale attraverso il processo di validazione.*

*Il modello BIOMOD per ogni singola specie viene realizzato a scale differenti:*

- ***BIOMOD 100.000**, che ricopre l’intera regione, con l’utilizzo di basi cartografiche alla scala 1 : 100.000;*
- ***BIOMOD 10.000**, a livello provinciale, con dati cartografici alla scala 10.000.*

*Come esempio di applicazione del modello è stato scelto **il lupo** (*Canis lupus*), a cui vengono attribuite ampie valenze e potenzialità per la conservazione, nonostante, sulla base delle proprie caratteristiche biologiche ed eco-*

tics, it is often in conflict with humans.

The species, like all large carnivores in general, such as bears, wolf, lynx, etc., assumes a concrete meaning for the conservation of biodiversity in the broad sense of the term: the large vital spaces it requires, or “home ranges” measuring about 100-1,000 km<sup>2</sup>, are characterized by relatively sound habitats that need territorial planning and large scale conservation measures that consequently imply enormous benefits in terms of ecosystems.

Moreover, in light of their position within the trophic networks, wolves can be considered an species that indicates the functioning, composition and wholeness of the entire living community.

Through their conservation and the monitoring of their status it is possible to obtain indications on the state of functioning of the entire ecosystems and implement protection plans.

From the practical point of view the wolf can therefore be considered a keystone species as well as an umbrella species and ultimately it can also be seen as a banner species because of the particular interest it has aroused in recent years in the national and international scientific community.

For these reasons the wolf was chosen as an example of application of the model.

*logiche, entri spesso in situazioni di conflitto con l'uomo.*

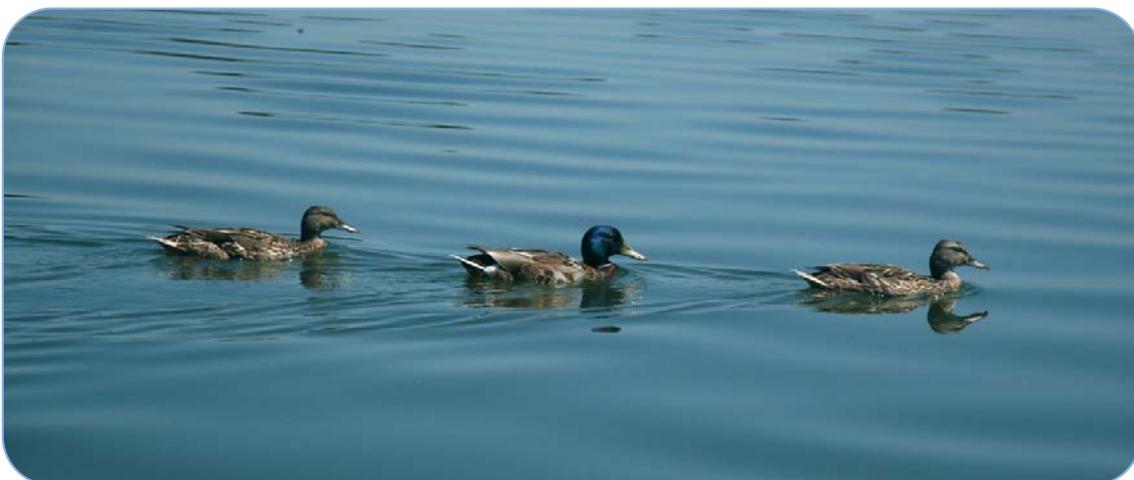
*La specie, come del resto tutti i grandi carnivori in genere, quali orso lupo, lince, etc., assume un significato concreto per la conservazione della biodiversità in senso lato: gli ampi spazi vitali che richiede, ovvero “home ranges” nell'ordine di 100-1.000 km<sup>2</sup>, sono caratterizzati da habitat relativamente integri e necessitano pianificazioni territoriali e misure di conservazione su larga scala che conseguentemente implicano enormi benefici in termini di ecosistemi.*

*Inoltre, vista la loro posizione all'interno delle reti trofiche, i lupi possono essere considerati specie indicatrici del funzionamento, della composizione e dell'integrità dell'intera comunità vivente.*

*Attraverso la loro conservazione ed il monitoraggio del loro status, è possibile ottenere indicazioni sullo stato di funzionamento di interi ecosistemi ed attuare eventuali piani di tutela.*

*Dal punto di vista pratico il lupo può essere considerato pertanto come una specie chiave (keystone), altrettanto come una specie ombrello ed ultimamente può essere intesa anche come specie bandiera visto il particolare interesse che ha assunto negli ultimi anni all'interno della comunità scientifica nazionale ed internazionale.*

*Per questa serie di motivi il lupo è stato scelto come esempio di applicazione del modello.*



## 4.1.1

**BIOMOD – Environmental suitability: wolf (*Canis lupus*)****Traits of species**

Traits of species - Wolf	
Systematic	
Class	Mammals (Mammalia)
Order	Carnivores (Carnivora)
Family	Canis (Canidae)
Species	<i>Canis lupus</i> (Linnaeus, 1758)
English name	Wolf
Biology	
Distinctive traits	<p>The length of the body, excluding the tail, varies from 100 - 140 m. The tail measures from 30 to 40-45 cm. The female is slightly smaller and seemingly more slender than the male, especially in their muzzle traits. The muzzle is elongated, the ears are triangular and not very long, the neck is relatively short, the tail is short and very end the limbs are long and slender. The weight ranges from 17-18 to 30-38 kg (sometimes reaching as much as 60 kg).</p> <p>The coat is made of two types of her fur: the woolly, thick short fur (in Italian referred to by the term borra) which mostly serves for thermal insulation (in fact, it is thicker in the winter) and the longer and variegated fur (in Italian referred to by the term giarra); the giarra decreases considerably in the summer. In the cold season it gets longer, almost entirely covering the borra and giving the wolf the more typical color of its winter coat. The coat color varies according to age and season. In the young and in the winter the coloring tends more towards grayish, but the color of an adult, especially in the summer, is definitely reddish-brown.</p> <p>The eyes are slanted, light brown, and set in a frontal position fairly far from each other.</p> <p>A characteristic of the species is their particularly well developed ferine teeth whose function seems to be that of biting through large bones and tendons.</p>
Reproduction	Wolves have only one reproductive period. They are in estrus in January/February. Normally they mate during the first two weeks of March. About 15-20 days before birth, the couple seeks a den that might be a hollow trunk, a rocky hollow, to a ditch buried in the ground and in some cases it can be obtained by widening a pre-existing den built by foxes, porcupine or badger. The pregnancy has a gestation of about 57-63 days and therefore the births typically occur in the last weeks of May.
Pups for litter	The litters are fairly numerous in the more mature females (7-8 pups), and much smaller in the primipara (2-3 pups).
Traits of young	<p>Pups at birth weigh from 200 to 400 g.</p> <p>The pups in Italy are born between April and June, are totally inept and have poor sensorial capabilities. They are deaf and blind and initially depend totally on the adults.</p> <p>They are fed exclusively with their mother's milk during the first 20 days of their lives. Then, for a period of about 40-50 days they are given milk supplemented with regurgitations consisting mainly of meat. The pups leave the den at about the age of two months and gradually start to follow their parents as the latter move around the territory. From the adults they learn hunting techniques, how to optimally use the territory, and strategies for avoiding dangerous environments and situations.</p> <p>The definitive body dimensions are reached at about one year of age, while sexual maturity is obtained at two years. However, if the females are captive they can reproduce as young as 10 months of age.</p>
Average life span	Wolves in captivity can live as long as 17 years but in nature they reach a maximum age of 10 years. This is strictly associated with their capacity to provide for themselves.





## Traits of species - Wolf

### Biology

Home range	Min/med/max 80 /170/240 sq km depending on the availability of food. A pack of wolves lives on a territory that can have considerably different sizes of territory: in America territories have been measured from 50 to 1800 sq km; in Abruzzi (Italy) wolf packs occupy territories of 120-200 sq km; in Mercantour (France) 200 sq km. Lone wolves live in the spaces between the territories of the packs. The radius of dispersion can be as much as 90 sq km.
------------	---

### Ecology

Habitat	The optimum living environments are mostly woodland alternated with clearings, pastures and scrub-land, though quite deteriorated environments are being recorded ever more frequently. The preferential habitat of Italian wolves is that of the Apennine ridge above 800-1000 m. In upper Lazio and lower Tuscany they live in the Mediterranean bush, 600 m above sea level. In any case the environment must have a high degree of wildness, negligible human presence, large undisturbed wooded spaces, and sometimes wild pastureland.
---------	---

Habits	<p>Mostly nocturnal, during the day they limit themselves to resting, playing and sometimes taking short journeys. Wolves are strong, excellent runners. They trot, gallop, jump and they can also swim; they take long journeys to search for food (the distance they cover varies from one kilometer to a maximum of 10 km).</p> <p>They normally live in couples, but during the winter they form packs consisting of numerous specimens.</p> <p>Wolves are social animals and live in family groups (packs) consisting of the reproductive couple and younger progeny. The packs are regulated numerically by the presence of large prey. Only where there are large ungulates (generally cervids) will there be complex packs that have as many as 7-10 adult individuals. In places where food availability is provided only by small prey, there the family groups are smaller. The wolf packs are extremely hierarchical and the order of dominance within the group is divided into two hierarchical lines, one male and one female. At the head of the each there is an alpha individual. Generally the absolute leader of the pack is the alpha male, to whom the female is also subordinated. During pregnancy and probably as the result of hormonal stimuli, the female tends to carve out the best possible social status for herself. In many packs there are the so-called "omega" or "peripheral" or "out of caste" or "emarginated" individuals who gravitate around the social nucleus without really being part of it. Much of the pack's aggressiveness is heaped onto these individuals. After the first year of age, the young wolves can follow the adults or go away from the family nucleus to start a period of wandering.</p> <p>Wolves are capable of communicating their "moods" or inner attitudes by their body postures. And this is also how the hierarchies are defined. The position of the tail identifies social class to which the communicator belongs, while the shape and movement given to the tail clarify ideas about the moods of individuals at the time of approach. Even the muzzle can express emotional states, in combination with the position and shape of the eyes, lips and ears. Even the baring of the teeth and moving the tongue between the teeth have meaning. Besides visual communications, direct individual-individual communication is possible through the olfactory, tactile, gustatory and auditory senses.</p> <p>Among the latter we would like to mention the howl, which represents a method of communication between different packs and is a vehicle of information regarding the size of the pack. The importance of the howl has also been recorded as an affirmation of presence and possession of territory.</p>
--------	---

Food	Wolves are carnivorous and their major prey are wild ungulates (among which the wild boar which alone makes up more than 50% of their diet). These are hunted by the pack. However, single wolves also feed on small mammals such as hare, rodents, mustelid, terricolous birds, such as pheasants, amphibians, reptiles, insects and even refuse of human origin. Wolves do not disdain eat fruit, bulbs and tubers. They mostly hunt young ungulates (< 12 months old); the attention of the wolf is mainly concentrated on the young of the wild boar by virtue of the high birth rates of the species.
------	--

### Traits of species - Wolf

#### Biology

	<p>A wolf needs on average 2-3 kg of meat a day. This means that it must prey at least every three days and it can gulp down up to 8 kg of meat in one meal. In any case wolves are known for having adapted to a diet that is not evenly spread out in time. Some reports show wolves that have stayed 17 days without ingesting food.</p> <p>Wolves often hunt in a group: they try to get as close as possible to the prey without revealing themselves. As soon as the prey flees, the wolves chase it swiftly, and test its strength; if the animal is in good physical condition, the hunt is usually relinquished. But if the wolves feel stronger than the prey, they can chase it even for several hundreds of meters until they catch it. The killing of a medium-sized prey, such as roe or sheep, usually last a few seconds: the wolf bites the prey, while running, in the neck or nap and the shock ensuing the bite stops the prey's heart or breaks its spinal cord. Attacks on larger animals lasts longer and can become dangerous for the wolves themselves.</p>
Territoriality	Territorial for most of its life, however there are numerous animals that wander solitary far from the normal area of distribution. The territory usually varies from 70.
Social structure	A markedly social animal, the wolf lives in groups organized by an iron hierarchy whose dimensions vary according to environmental availability. Generally the group is made up of 4-7 individuals.
Predators	Wolves have no predators, with the exception of man.

#### Environmental Parameters

Altitude (m.)	min/max 0 - 2800 sq m optimal min/optimal max 300-1600 m.
---------------	--

#### Distribution



In the Alps the brutal action of man has made wolves extinct since the beginning of the 1900s. Today about 500 individuals have been counted, distributed in central Italy between Lazio, Abruzzo, Molise and Tuscany. In southern Italy they are present in Calabria and Basilicata; in northern Italy the first groups were identified in Liguria and Piedmont, while some specimens were even found in France. The very first individuals are found in Marche. Perhaps the great respect for and protection of this superb animal in recent years is starting to show hope of a gradual demographic recovery.

Once prevalent, particularly in the Alpine and pre-Alpine bands, wolves in Piedmont became extinct in the 1920s. Since 1980, after the expansion of the areale of the species along the Apennine chain, there have been reports of the species existing on the Liguria-Piedmont Apennine, in the French Maritime Alps, and then further north at least as far as the Valle of Susa. Currently the presence of the species seems stable, at least in the Maritime Alps (especially on the French side) and in Valle of Susa.

#### Current Protection

Habitat Directive IUCN Category CHECKLIST Status International Conventions	Annex II and Annex IV *species of EC interest VU M Berne Convention; Washington Convention
Threats	The major causes of extinction of the wolf are: hunting by every possible means (rifles, poisoned morsels, traps and snares), a decrease in suitable environment and the disappearance of large wild herbivores which the predator prefers to eat, competition with wild dogs and foxes for food, the human invasion of environments that were once more inaccessible.

#### 4.1.1

### BIOMOD – Idoneità Ambientale: lupo (*Canis lupus*)

#### Scheda Specie

Scheda della specie - Lupo	
Sistematica	
Classe	Mammiferi (Mammalia)
Ordine	Carnivori (Carnivora)
Famiglia	Canidi (Canidae)
Specie	<i>Canis lupus</i> (Linnaeus, 1758)
Nome italiano	Lupo
Biologia	
Caratteri distintivi 	<p>La lunghezza del corpo, escludendo la coda, varia dai 100 ai 140 cm. La coda misura dai 30 ai 40-45 cm. L'altezza della spalla oscilla tra i 70 e gli 80 cm. Le femmine sono leggermente più piccole dei maschi e risultano più snelle e slanciate, soprattutto nei tratti del muso. Il muso è allungato, le orecchie triangolari non molto lunghe, il collo relativamente corto, la coda corta e pelosa e gli arti lunghi e sottili. Il peso può variare entro un ambito piuttosto ampio: dai 17-18 ai 30-38 kg. (può raggiungere anche 60 kg.).</p> <p>Il mantello è formato da due tipi di pelo: quello lanoso, folto e corto (borra) cui si deve soprattutto l'isolamento termico (è più folto infatti d'inverno) e quello più lungo e variegato (giarra); la giarra in estate si riduce moltissimo e, durante la stagione fredda, allungandosi e coprendo quasi interamente la borra, conferisce il colore più tipico del mantello invernale. Il colore del mantello è variabile a seconda dell'età e della stagione, nei giovani e nei mesi invernali la colorazione tende più al grigiastro, ma il colore di un adulto, specialmente in estate, è nettamente marrone rossiccio.</p> <p>Gli occhi sono obliqui, di colore marrone chiaro, e disposti in posizione frontale e piuttosto distanziati tra loro.</p> <p>Caratteristica della specie è la presenza dei denti "ferini" particolarmente sviluppati la cui funzione sembra essere quella di tranciare grosse ossa e tendini.</p>
Riproduzione	<p>I lupi hanno un solo periodo riproduttivo all'anno, l'epoca dell'estro si concentra nei mesi di Gennaio/Febbraio. Normalmente gli accoppiamenti si realizzano nelle prime due settimane di Marzo. Circa 15-20 giorni prima del parto la coppia cerca una tana che può essere costituita da un tronco cavo, da una cavità rocciosa, da una fossa scavata in terra ed in alcuni casi può essere ricavata allargando una pre-esistente tana di volpe, di istrice o di tasso. La gravidanza ha una gestazione di circa 57/63 giorni e quindi le nascite si concentrano nelle ultime settimane di Maggio.</p>
Cuccioli per figliata	<p>Le cucciolate risultano essere discretamente numerose nelle femmine più mature (7/8 cuccioli), decisamente contenute nelle primipare (2/3 cuccioli).</p>
Caratteristiche piccoli	<p>I cuccioli alla nascita pesano dai 200 ai 400 gr. I cuccioli, che in Italia nascono tra aprile e giugno, completamente inetti e con capacità sensoriali scarse (ciechi e sordi), dipendono all'inizio completamente dagli adulti.</p> <p>Vengono alimentati esclusivamente con il latte materno durante i primi 20 giorni di vita. Successivamente, per un periodo di circa 40-50 giorni, gli viene offerto del latte integrato da rigurgiti a base di carne. I cuccioli lasciano la tana dopo circa 2 mesi di vita e a poco a poco iniziano a seguire i genitori nei loro spostamenti apprendendo dagli adulti le tecniche di caccia, la conoscenza e l'utilizzazione ottimale del territorio, le strategie per evitare gli ambienti e le situazioni più pericolose.</p> <p>Le dimensioni corporee definitive vengono raggiunte a circa un anno di età, mentre la maturità sessuale verso i due anni, anche se femmine in cattività sono in grado di riprodursi già a 10 mesi.</p>
Vita media	<p>Il lupo in cattività vive anche 17 anni, ma in natura raggiunge al massimo i 10 anni di età. È strettamente legata alla capacità di provvedere al proprio sostentamento.</p>

## Scheda della specie - Lupo

### Biologia

Home range	<i>min/med/max 80/170/240 kmq dipende dalla disponibilità di cibo</i> Un branco di lupi vive in un territorio le cui dimensioni possono variare notevolmente: in America si sono misurati territori da 50 a 1800 km <sup>2</sup> ; negli Abruzzi (Italia) i branchi di lupi occupano territori di 120-200 km <sup>2</sup> , nel Mercantour (Francia) di 200 km <sup>2</sup> . Lupi solitari vivono negli spazi tra i territori dei branchi. Il raggio di dispersione può estendersi fino a 90 km max.
------------	--

### Ecologia

Habitat	<i>Gli ambienti di vita ottimali sono rappresentati soprattutto da superfici boschive alternate a radure, pascoli e macchie, anche se sempre con maggiore frequenza viene segnalato in ambienti anche molto degradati.</i> <i>L'habitat preferenziale del lupo italiano è quello della dorsale appenninica al di sopra degli 800-1000 m. Nell'alto Lazio e nella bassa Toscana vive nella macchia mediterranea, alta dal livello del mare 600 m. In ogni caso l'ambiente deve avere un alto grado di selvaticità, presenza umana ridotta, ampi spazi boscati indisturbati, eventualmente pascolo brado.</i>
Abitudini	<i>Prevalentemente notturno, di giorno si limita al riposo, al gioco e talvolta a piccoli spostamenti. Forte, eccellente corridore, trotta, galoppa, salta ed è capace di nuotare; compie notevoli spostamenti per la ricerca del cibo (la distanza percorsa giornalmente varia da 1 Km fino ad un massimo di 10 Km). Normalmente vive in coppia, ma durante la stagione invernale forma dei veri e propri branchi di numerosi esemplari.</i> <i>I lupi sono animali sociali, e vivono in gruppi familiari (branchi) costituiti dalla coppia riproduttrice e dalla progenie più giovane. I branchi sono regolati numericamente dalla presenza delle prede di grande mole, solo dove esistono grandi ungulati (cervidi in genere), si possono incontrare branchi complessi che arrivano ad essere composti da numerosi individui adulti (circa 7/10 adulti), dove la disponibilità alimentare è data, dalla sola presenza di piccole prede, si trovano diversamente piccoli gruppi familiari. I branchi di lupi sono fortemente gerarchici e l'ordine di dominanza all'interno del gruppo è suddiviso in due linee gerarchiche distinte, maschile e femminile, a capo di ognuna delle quali sta un individuo detto "alfa". Generalmente il capo assoluto del branco è il maschio alfa al quale la femmina risulta anch'essa subordinata. Durante la gravidanza la femmina tende, probabilmente in relazione a stimoli ormonali, a garantirsi uno status sociale migliore possibile. In molti branchi esistono individui cosiddetti "omega" o "periferici" o "fuori casta" o "emarginati" che orbitano intorno al nucleo sociale senza farne veramente parte. Su questi individui si riversa molta dell'aggressività del branco. Al compimento del primo anno di età, i giovani lupi possono seguire gli adulti oppure allontanarsi dal nucleo familiare, dando inizio ad un periodo di erratismo.</i> <i>Il lupo è un animale capace di comunicare agli altri membri del gruppo "stati d'animo" o atteggiamenti interiori, tramite posture corporee. In questo modo vengono anche definite le gerarchie. La posizione della coda identifica la classe sociale a cui appartengono gli interlocutori, mentre la forma e il movimento ad essa impresso chiariscono le idee sullo stato d'animo in cui si trovano gli individui al momento dell'approccio. Anche il muso può esprimere molti stati emotivi, combinando posizione e forma degli occhi, delle labbra, delle orecchie e includendo esibizione della dentatura e movimento della lingua fra i denti. Oltre alle comunicazioni visive esistono possibilità espressive dirette individuo-individuo di carattere olfattivo, tattile, gustativo ed uditivo.</i> <i>Tra queste ultime ricordiamo l'ululato che rappresenta un metodo di comunicazione tra i branchi differenti e un veicolo di informazione per quanto riguarda le dimensioni degli stessi. È inoltre documentata l'importanza dell'ululato quale affermazione di presenza e possesso del territorio.</i>
Alimentazione	<i>Il lupo è un carnivoro e le sue prede principali sono gli ungulati selvatici (tra questi il cinghiale che, da solo, costituisce più del 50% della dieta) che vengono cacciati in branco. I soggetti singoli possono però nutrirsi anche di piccoli mammiferi come lepri, roditori, mustelidi, di uccelli terricoli come il fagiano, di anfibi, rettili, insetti e anche di rifiuti di origine umana. Il lupo non disdegna però anche la frutta, i bulbi e i tuberi. I lupi cacciano soprattutto giovani ungulati (con età minore di 12 mesi); l'attenzione del lupo si concentra soprattutto sui piccoli di cinghiale in virtù dell'elevato tasso di natalità della specie.</i>

## Scheda della specie - Lupo

### Biologia

Un lupo necessita in media di 2/3 kg. di carne al giorno, questo significa che deve predare almeno ogni tre giorni e che può ingurgitare in un solo pasto fino a 8 Kg. di carne. Comunque il lupo è noto per essersi adattato ad una alimentazione non uniformemente cadenzata nel tempo, e si ha notizia di lupi che sono rimasti fino a 17 giorni senza ingerire cibo.

I lupi cacciano spesso in gruppo: cercano di avvicinarsi il più possibile alla preda senza mostrarsi, appena quest'ultima fugge viene rincorsa velocemente, saggiandone la forza; se l'animale si mostra in buone condizioni fisiche la caccia viene di regola interrotta, mentre se i lupi si sentono più forti essa può essere rincorsa anche per diverse centinaia di metri finché non viene raggiunta. L'uccisione di prede di medie dimensioni, come caprioli o pecore, dura di regola solo pochi secondi: il lupo morde la preda, in corsa, al collo o sulla nuca e lo shock che segue questo morso porta all'arresto cardiaco o alla rottura della spina dorsale. L'attacco ad animali più grandi dura più a lungo e può diventare pericoloso anche per i lupi stessi.

Territorialità	Territoriale per gran parte della sua vita, esistono però numerosi animali che vagano solitari lontano dalla normale area di distribuzione. Il territorio varia in genere da 70 a 200 Km <sup>2</sup> , con un densità di 1 individuo ogni 80 km <sup>2</sup>
Struttura sociale	Animale marcatamente sociale, il lupo vive in gruppi organizzati da una ferrea gerarchia le cui dimensioni variano a seconda delle disponibilità ambientali. In genere il gruppo è composto anche da 4-7 individui.
Predatori	Il lupo non ha predatori, se si eccettua l'uomo.

### Parametri Ambientali

Altitudine (m.)	min/max 0 – 2800 m. min ottimale/max ottimale 300 – 1600 m.
-----------------	--

### Distribuzione



Nelle Alpi la brutale azione dell'uomo ha estinto il lupo dall'inizio del 1900, oggi se ne contano circa 500 individui, distribuiti nel Centro Italia tra il Lazio, l'Abruzzo, il Molise e la Toscana, nel meridione, in Calabria e Basilicata, al nord sono stati individuati i primi gruppi in Liguria e Piemonte, qualche esemplare è stato persino rinvenuto in Francia e i primissimi soggetti si trovano nelle Marche. Forse il grande rispetto e la protezione di cui gode negli ultimi anni questo superbo animale, iniziano a far ben sperare, in relazione ad una sua lenta ripresa demografica.

Un tempo ampiamente diffuso in particolare nelle fasce alpina e prealpina, il lupo in Piemonte si estinse negli anni '20 del '900. Dagli anni '80, in seguito all'espansione dell'areale della specie lungo la catena Appenninica, si sono nuovamente avute segnalazioni della specie nell'Appennino Ligure-Piemontese, nelle Alpi Marittime francesi e successivamente più a Nord, almeno fino alla Val di Susa. Attualmente la presenza della specie sembra stabile almeno nelle Alpi Marittime (soprattutto sul versante francese) e in Val di Susa.

### Protezione Esistente

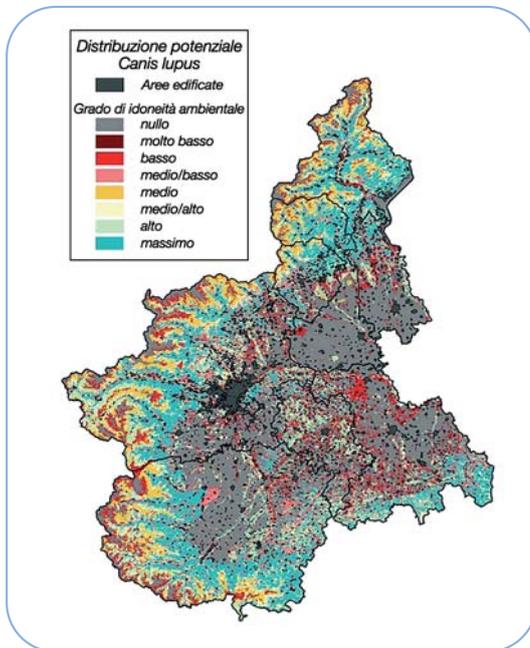
Direttiva Habitat Categoria IUCN Status CHECKLIST Convenzioni Internazionali	Allegato II e allegato IV *specie di interesse comunitario VU M Convenzione di Berna; Convenzione di Washington
Fattori di minaccia	Le principali cause di estinzione del lupo sono: la caccia condotta con ogni mezzo (fucili, bocconi avvelenati, tagliole e lacci), diminuzione dell'ambiente adatto e scomparsa dei grandi erbivori selvatici dei quali il predatore si nutre preferibilmente, competizione per il cibo con cani selvatici e volpi, invasione umana degli ambienti una volta più inaccessibili.

## BIOMOD wolf (*Canis lupus*): ecological models built (Figg. 9-12)

**Fig. 9**

“BIOMOD” wolf model (scale 1:100,000) for the regional territory

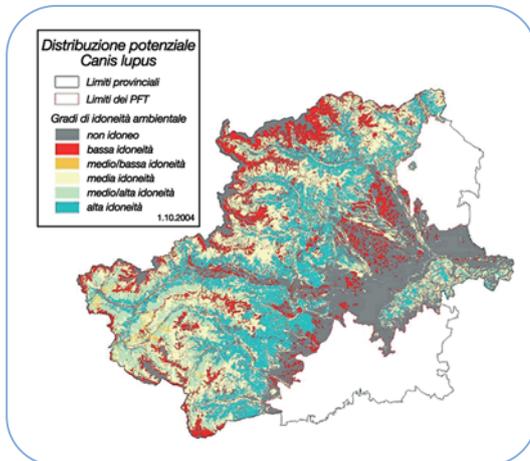
Modello “BIOMOD” lupo (scala 1:100.000) per il territorio regionale



**Fig. 10**

“BIOMOD” wolf model (scale 1:10,000) for part of the Torino province

Modello “BIOMOD” lupo (scala 1:10.000) per parte della provincia di Torino



### 4.1.1.1 Validation analysis

The criteria for validation of the environmental suitability model applied to wolves was the one referring to their polygon presence data because a comparison was made between the data provided by the project INTERREG II ITALIA FRANCIA 1994-99, representing the species presence polygons, and the data from "Wolf 2002 Report: The Piedmont Wolf Project, Torino Province".

## BIOMOD lupo (*Canis lupus*): modelli ecologici realizzati (Fig 9-12)

### 4.1.1.1 Analisi di validazione

Come criterio di validazione del modello di idoneità ambientale applicato al lupo è stato utilizzato quello riferito ai dati di presenza di tipo poligonale, dal momento che si sono confrontati i dati resi disponibili dal progetto INTERREG II ITALIA-FRANCIA 1994-99, che rappresentano poligoni di presenza della specie, con la “Relazione lupo 2002: Progetto lupo Piemonte, Provincia di Torino”.

#### 4.1.1.1.1 Caratteristiche dei poligoni di validazione

I poligoni sono stati costruiti in modo da circoscrivere le aree in cui sono state rinvenute tracce di presenza stabile della specie. Le tracce di utilizzo del territorio si riferiscono a:

- osservazione diretta;
- tracce di passaggio;
- resti di alimentazione;
- segni di minzione;
- escrementi di lupo.

I poligoni risultano essere in numero di tre e comprendono le seguenti aree, evidenziate nella Figura 12:

#### Poligono 1

Identifica la zona di Bardonecchia, dove è stata riscontrata la presenza stabile di un branco di lupi. L'area comprende tutta la conca di Bardonecchia compresi i suoi valloni laterali (Rochemolles, Almaine, Valle Stretta, Frejus, Rho, Val Fredda), la zona sopra Savoulx sul versante sinistro della valle Dora, la conca di Beaulard sul versante destro della valle Dora, i valloni laterali di Desert e di Fenils della Valle Ripa.

#### Poligono 2

Copre quasi completamente la dorsale fra la Val di Susa e la Val Chisone all'incirca dalla testata della Val Chisone al Fraiteve. Si sviluppa quindi sul versante destro della Val di Susa, esposto a nord, con ampia copertura boschiva e sul versante sinistro della Val Chisone, esposto a sud, con pendenze più moderate e vaste zone di pascolo e di prateria.

#### 4.1.1.1.1 Characteristics of validation polygons

Polygons were built in such a way as to circumscribe areas where traces of permanent presence of the species were found. Their utilization of the territory was traced by:

- Direct observation;
- Tracks;
- Food remains/scraps;
- Signs of urination;
- Droppings.

The polygons are three in number and include the following areas, highlighted in Figure 12:

##### *Polygon 1*

This polygon identifies the Bardonecchia area, where the permanent presence of a pack of wolves was observed. The area includes the entire basin of Bardonecchia including its lateral gorges (Rochemolles, Almaine, Valle Stretta, Frejus, Rho, Val Fredda), the zone above Savoulx on the left side of the Valle Dora, the Beaulard basin on the right side of the Valle Dora, the lateral gorges of Desert and Fenils of Valle Ripa).

##### *Polygon 2*

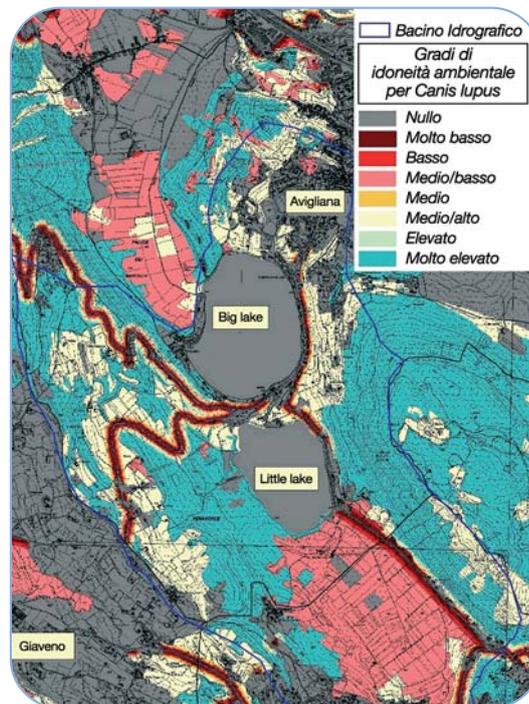
This polygon almost entirely covers the ridge between Val Susa and Val Chisone approximately from the head of Val Chisone at Fraiteve. It then develops on the right slope of Val Susa, facing north, with plentiful forest cover on the left slope of Val Chisone, facing south, with lesser inclines and vast areas of pastureland and meadows.

##### *Polygon 3*

This covers the areas near Monte Albergian, including the right slope of Val Chisone, Val Troncea, the valleys of Massello, Salza di Pinerolo and Rodoretto (lateral gorges on the left side of Val Germanasca). This area, indicated as the Val Troncea area, has many passes among the various gorges and is for the most part a very tranquil area.

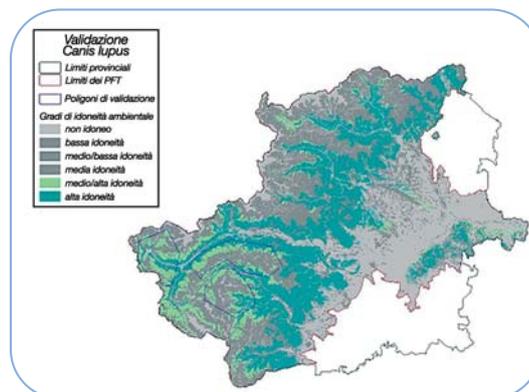
#### 4.1.1.2 Results of the analysis

The validation analysis, applied by using the aforementioned polygons, produced the following results (Tab 14):



**Fig. 11**  
BIOMOD – Environmental suitability for “Canis lupus” in the hydrographic basin of Avigliana lakes. (Scale 1:10,000)

*BIOMOD – Idoneità ambientale per “Canis lupus” nel bacino idrografico dei laghi di Avigliana. (Scala 1:10.000)*



**Fig. 12**  
Analysis of validation for the wolf for part of the Torino province (scale 1:10,000)

*Analisi di validazione per il lupo per parte della provincia di Torino (scala 1:10.000)*

##### Poligono 3

*Ricopre le zone vicino al monte Albergian comprendendo il versante destro della Val Chisone, la Val troncea, le Valli di Massello, Salza di Pinerolo e Rodoretto (valloni laterali del versante sinistro della Val Germanasca). Tale area, indicata come zona della Val Troncea, presenta un alto numero di valichi tra i diversi valloni ed è per la maggior parte una zona molto tranquilla.*

#### 4.1.1.2 Risultati dell'analisi

*L'analisi di validazione, applicata all'interno dei poligoni sopra citati, ha prodotto i seguenti risultati (Tab. 14)*

**Tab. 14**

Results of validation process

*Risultati del processo di validazione*

	Polygon_1	Polygon_2	Polygon_3
	<i>Poligono_1</i>	<i>Poligono_2</i>	<i>Poligono_3</i>
Total area <i>Totale area</i>	139575000	180332500	150987500
Area with suitability $\geq 0.7$ <i>Area con idoneità <math>\geq 0,7</math></i>	90207500	102887500	71727500
Area with suitability $\geq 0.7$ <i>Area con idoneità <math>\geq 0,7</math></i>	64.63%	57.05%	47.51%
Polygon result <i>Risultato poligono</i>	Polygon validated <i>Poligono validato</i>	Polygon validated <i>Poligono validato</i>	Polygon validated <i>Poligono validato</i>
Validation result: <i>Risultato validazione:</i>	The wolf model is validated <i>Il modello sul lupo risulta validato</i>		

#### 4.1.1.3 Interpretation of validation results

From the validation analysis it appears there is clearly an agreement between the potential suitability model and the actual wolf presence data. However we should specify that the results obtained depend critically on the set of rules established for the validation criteria of the models built. The choice of threshold values is not absolute but rather arbitrary and in any event in agreement with the deterministic outline used for building the models. Therefore, also regarding validation, these restrictions are accepted. Moreover, the presence polygons utilized for validation did not represent precisely the area of wolf presence because they are not limited to showing the territory used exclusively by wolves but include several villages and not even the entire distribution areale of the species in these valleys.

In any case we can say that the model has a high degree of reliability and takes into consideration the limitations pointed out earlier in the comparison between the validation polygon and the degree of habitat suitability.

## 4.2 Models of potential biodiversity

The elaboration and integration of the results of the single BIOMOD models led to the rea-

#### 4.1.1.3 Interpretazione dei risultati di validazione

*Dall'analisi di validazione, appare evidente l'accordo del modello di idoneità potenziale con i dati di presenza reale del lupo. È bene però precisare come i risultati ottenuti dipendano in modo determinante a seconda del set di regole istituite per il criterio di validazione dei modelli costruiti. La scelta dei valori soglia non è infatti assoluta bensì arbitraria, comunque in accordo con l'impostazione di tipo deterministico utilizzata per la costruzione dei modelli, quindi, anche per quanto riguarda la validazione, si accettano queste restrizioni. Inoltre i poligoni di presenza utilizzati per la validazione non rappresentano in modo preciso l'area di presenza del lupo in quanto non mostrano esclusivamente il territorio utilizzato dal lupo dal momento che sono compresi anche diversi centri abitati e neppure tutto l'areale di distribuzione della specie in queste valli. Si può comunque affermare l'elevato grado di attendibilità del modello, tenendo comunque sempre presente le limitazioni evidenziate in precedenza, dal confronto effettuato tra i poligoni di validazione ed il grado di idoneità dell'habitat.*

## 4.2 Modelli di biodiversità potenziale

*L'elaborazione e l'integrazione dei risultati dei singoli modelli BIOMOD ha portato alla realiz-*

lization of models that express the areas at a different degree of potential biodiversity, referring to the analyzed animal class.

#### 4.2.1 BIOMOD – Potential biodiversity

The analysis was conducted on four systematic categories: mammals (Figg.13-14), amphibians, reptiles and birds; moreover it is possible to realize a specific model by selecting a group of species suitable to the needs of the work being carried out. An example is the application of the model of potential biodiversity to the species of mammals introduced in the Habitat Directive and present in the Torino Province.

### 4.3 FRAGM Ecological model

The FRAGM model is built on different scales:

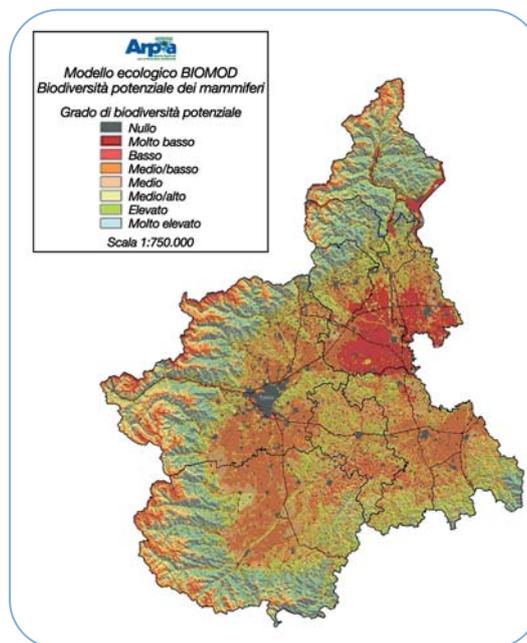
- **FRAGM 100,000**, which covers the entire region, with the use of cartographic bases on a scale of 1:100000 (CORINE Land Cover, SITA);

The model described in the previous paragraphs was applied using the CORINE Land Cover database (3<sup>rd</sup> level) in a preliminary approximation for the entire regional territory. The procedure adopted refers to the steps described in chapter 3.2.3.

The area being studied was broadened with respect to the regional territory with a buffer of 5 km of width toward the bordering regions in order to have exhaustive information about those areas too.

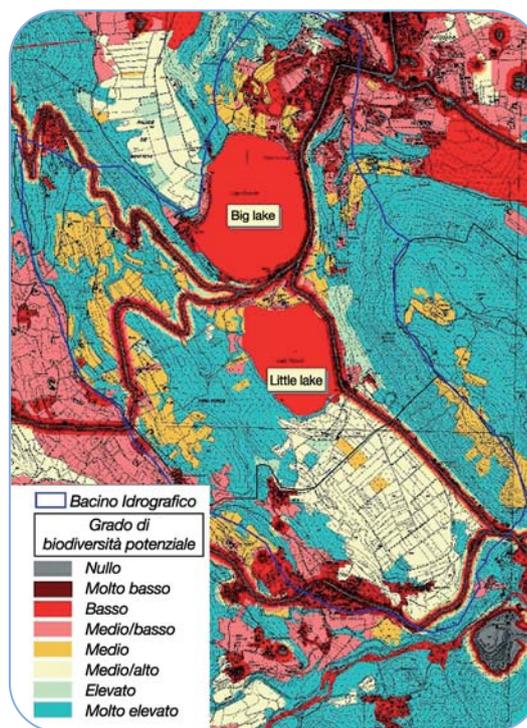
The cartographic representation of the elaboration is shown in figure 15: in spite of the approximations due to the scale of data acquisition, we can determine the principal elements of the regional ecological network and its major criticality.

While the Alps-Apennine system is characte-



**Fig. 13** BIOMOD - Potential biodiversity of mammals on a regional scale (scale 1:100000)

*BIOMOD - biodiversità potenziale dei mammiferi a scala regionale (scala 1:100.000)*



**Fig. 14** BIOMOD Potential biodiversity of mammals on a local scale (1:10000) in the hydrographic base of the Avigliana Lakes

*BIOMOD Biodiversità potenziale dei mammiferi a scala locale (1:10.000) nel bacino idrografico dei laghi di Avigliana*

zazione di modelli che esprimono le aree a diverso grado di biodiversità potenziale, riferita alla classe animale analizzata.

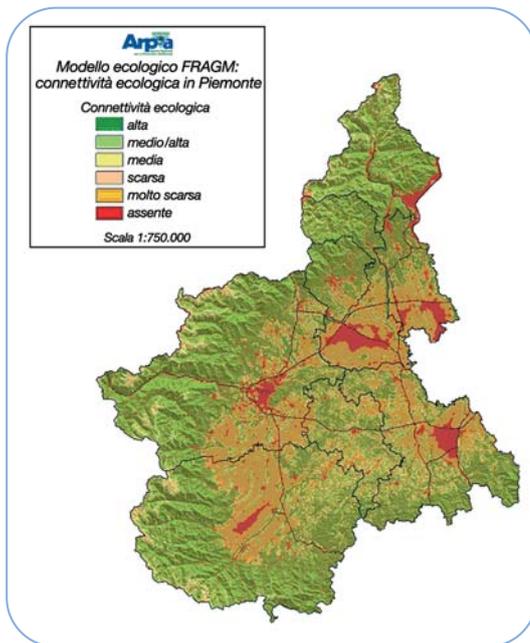
#### 4.2.1 BIOMOD – Biodiversità potenziale

L'analisi è stata effettuata per quattro cate-

**Fig. 15**

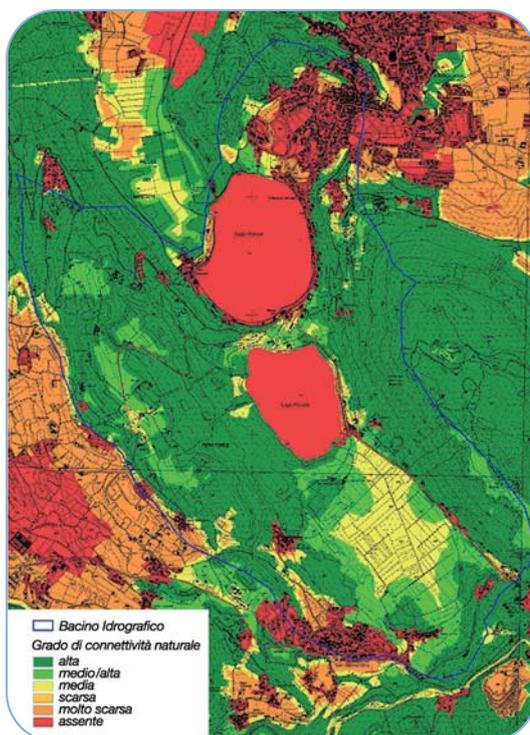
Map of ecological connectivity on a regional scale

Carta della connettività ecologica a scala regionale

**Fig. 16**

Map of ecological connectivity on a local scale (1:10000) in the hydrographic basin of the Avigliana Lakes

Carta della connettività ecologica a scala locale (1:10.000) nel bacino idrografico dei laghi di Avigliana



alized by a high degree of connectivity (as are the internal hilly areas, the role of ecological corridor between the Alpine zone and the peaks within the hydrographic grid appear more evident in the more anthropized plains, particularly regarding the Stura di Demonte stream in the Cuneo Province, the Orco stre-

gorie sistematiche quali i mammiferi (Fig 13-14), gli anfibi i rettili e gli uccelli; inoltre è possibile realizzare un modello specifico selezionando un gruppo di specie idoneo, a seconda delle esigenze del lavoro. Un esempio è l'applicazione del modello di biodiversità potenziale alle specie di mammiferi inseriti nella Direttiva Habitat, presenti in provincia di Torino.

### 4.3 Modello ecologico FRAGM

Il modello FRAGM viene realizzato a scale differenti:

- **FRAGM 100.000**, che ricopre l'intera regione, con l'utilizzo di basi cartografiche alla scala 1:100.000 (CORINE Land Cover, SITA); Il modello descritto nei paragrafi precedenti è stato applicato utilizzando, in prima approssimazione, la base dati CORINE Land Cover (3° livello) per l'intero territorio regionale. La procedura adottata fa riferimento ai passaggi descritti nel capitolo 3.2.3. L'area oggetto di studio è stata ampliata, rispetto al territorio regionale, di un buffer di 5 chilometri di ampiezza verso le regioni confinanti, per poter avere informazioni esaustive anche sulle aree di confine. La rappresentazione cartografica delle elaborazioni è riportata nella Figura 15: pur con le approssimazioni dovute alla scala di acquisizione del dato, è possibile individuare i principali elementi della rete ecologica regionale e le maggiori criticità. Mentre il sistema Alpi-Appennino è caratterizzato da un elevato grado di connettività (così come buona parte delle aree collinari interne), risulta molto evidente nelle aree di pianura maggiormente antropizzate il ruolo di corridoio ecologico tra la zona alpina e i rilievi interni del reticolo idrografico, in particolar modo per quanto riguarda il Torrente Stura di Demonte in provincia di Cuneo, i torrenti

am and the Malone stream to the north of Torino, the Sesia River with its tributaries on the right from Cervo (and Elvo) and the Ticino. The corridor along the Po River, on the contrary, seems rather fragmented and endowed with a certain functionality only downstream of the confluence with the Sesia River.

- **FRAGM 10,000**, on a provincial level, with cartographic data on a scale of 1:10000. The first application of the above-mentioned model on a scale of more detail involved the area around to the hydrographic basin of the Avigliana Lakes (Fig. 16). We used the PFT database of Regione Piemonte on a scale of 1:10000 along with the CTRN for the linear elements (infrastructures).

Besides substantially confirming the results of processing the CORINE data, the greater degree of detail of the database we used as a starting point allows us to show the role of the ecological corridor, even for the arms of some minor watercourses, especially in the southern part of the Province.

#### 4.3.1 Identification of the elements of the ecological network

The analysis and elaboration of the results obtained from the ecological models of potential biodiversity (BIOmod) and ecological connectivity (FRAGM) allow us to assess the degree of permeability by identifying the areas critical to the presence or dispersion of animal species. Therefore it is possible to verify the existence of ecological-functional elements such as **core areas** and areas that serve as **ecological corridors**, essential elements for assessing the functionality of the existing ecological network in the area of interest. If necessary it is therefore possible to identify the ecological network according to a single species or animal class.

From the operative point of view, having selected the areas that can be designated as **core areas** through a cross analysis of the results provided by the elaborations with the BIOmod model (areas having greater potential biodiversity) and FRAGM (areas with

*Orco e Malone a Nord di Torino, il Fiume Sesia con gli affluenti di destra Cervo (ed Elvo) ed il Ticino. Il corridoio lungo il Fiume Po sembra invece piuttosto frammentato e dotato di una certa funzionalità solo a valle della confluenza con il Sesia.*

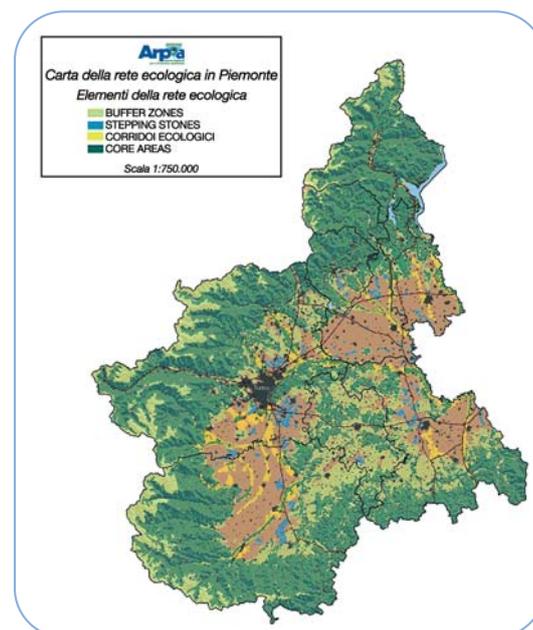
- **FRAGM 10.000**, a livello provinciale, con dati cartografici alla scala 1:10.000.

*Una prima applicazione del modello descritto in precedenza ad una scala di maggior dettaglio ha riguardato la zona intorno al bacino idrografico dei laghi di Avigliana (Fig 16), utilizzando per le elaborazioni la base dati dei PFT della Regione Piemonte alla scala 1:10.000 unitamente alla CTRN per gli elementi lineari (infrastrutture).*

*Oltre a confermare sostanzialmente quanto emerso dall'elaborazione sui dati CORINE, il maggior grado di dettaglio della base dati di partenza consente di evidenziare il ruolo di corridoio ecologico anche per le aste di alcuni corsi d'acqua minori, soprattutto nella parte meridionale della provincia.*

#### 4.3.1 Identificazione degli elementi della rete ecologica

*L'analisi e l'elaborazione dei risultati ottenuti dai modelli ecologici di biodiversità poten-*



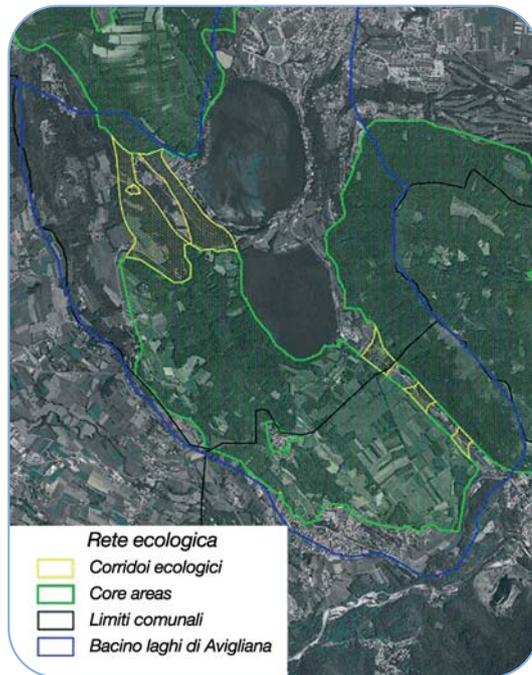
**Fig. 17**  
Map of elements of ecological network on a regional scale (1:100000)

*Carta degli elementi della rete ecologica a scala regionale (1:100.000)*

**Fig. 18**

Map of elements of ecological network on a local scale (1:10000) in the area around the Avigliana lakes

Carta degli elementi della rete ecologica a scala locale (1:10.000) nell'area intorno ai laghi di Avigliana



greater ecological connectivity), we proceed to identify the other elements making up the ecological network. In particular we highlight the **ecological corridors** (areas with high levels of connectivity and functional for the connection, even potential, of different **core areas**), the **steppingstones** (areas with the same characteristics as core areas but with surface areas smaller than the established threshold) and **buffer zones** (areas adjacent to core areas with a limited availability of resources or the presence of disturbing factors, though with a high level of natural connectivity).

The first application of this methodology led to an identification of the elements of the regional ecological network using the databases on a scale of 1:100,000 (CORINE Land Cover and SITA) and the ecological network in the area bordering on the hydrographic basin of the Avigliana Lakes, shown in figures 17 and 18.

ziale (BIOmod) e di connettività ecologica (FRAGM) permette di valutarne il grado di permeabilità individuando quali sono le aree critiche per la presenza o la dispersione delle specie animali. È possibile pertanto verificare l'esistenza di elementi ecologico-funzionali quali le **core areas** e le aree con funzione di **corridoio ecologico**, elementi essenziali per valutare la funzionalità della rete ecologica esistente nell'area di interesse. A seconda dell'esigenza è possibile quindi individuare la rete ecologica a livello di singola specie o di classe animale.

Dal punto di vista operativo, selezionate le aree che possono essere designate come **core areas** attraverso l'analisi incrociata dei risultati forniti dalle elaborazioni con il modello BIOmod (aree a maggiore biodiversità potenziale) e FRAGM (aree a maggiore connettività ecologica), si procede all'individuazione degli altri elementi costitutivi la rete ecologica. In particolare vengono evidenziati i **corridoi ecologici** (aree che presentano elevati valori di connettività e sono funzionali al collegamento, anche potenziale, tra diverse **core areas**), le **stepping stones** (aree con le medesime caratteristiche delle core areas ma con superfici inferiori ad una soglia prestabilita) e le **buffer zones** (aree adiacenti alle core areas con limitate disponibilità di risorse o presenza di fattori di disturbo, pur con elevati valori di connettività naturale).

Una prima applicazione di questa metodologia ha portato all'individuazione degli elementi della rete ecologica regionale utilizzando le basi dati alla scala 1:100.000 (CORINE Land Cover e SITA) e della rete ecologica nell'area limitrofa al bacino idrografico dei Laghi di Avigliana, riportate nelle figure 17 e 18.

# 5

**Bibliography**

*Bibliografia*

## Bibliography / Bibliografia

- Amori G., Angelici F., Boitani L., Mammals of Italy: a revised checklist of species and subspecies, 1999
- Androne F., Sindaco R., Erpetologia del Piemonte e della Valle d'Aosta, Atlante degli anfibi e dei rettili.
- ANPA, Mobilità sostenibile, Una proposta metodologica
- ANPA, Un nuovo approccio per la valutazione della biodiversità, analisi ecosistemica e inquadramento biogeografico negli studi territoriali per la conservazione e l'uso sostenibile delle risorse naturali
- APAT, Reti Ecologiche a scala locale: lineamenti ed indicazioni generali, 2003.
- Arillo A., Protocollo procedurale e strumenti per la progettazione di piani di gestione per la valutazione di incidenza/impatto di piani o di progetti su aree protette, ZPS e SIC
- ARPA Coordinamento regionale VIA-VAS, Sostenibilità ambientale dello sviluppo, 2002
- Barnes B. V., Pregitzer K. S., Spies T. A., Spooner V. H., Ecological forest classification, 1982.
- Battisti C., Reti ecologiche e fauna: approcci strutturali, funzionali, gestionali- un contributo metodologico, 2002.
- Bertotto P., Luccarini S., Apollonio M. (supervisione scientifica), Indagine sulla popolazione di lupo in Alta Val di Susa e Val Chisone. Relazione finale interna Provincia di Torino, 1997-1999.
- Biancotti A., Bono S., Distribuzione regionale di piogge e temperature. Regione Piemonte, Torino; 1998.
- Biancotti A., Bovo S., Le precipitazioni nevose sulle Alpi Piemontesi. Regione Piemonte, Torino, 1998.
- Boitani L., Corsi F., Falcucci A., Marzetti I., Masi M., Montemaggiori A., Ottavini D., Reggiani G., Rondinini C., Rete ecologica nazionale. Un approccio alla Conservazione dei vertebrati italiani, univ. di Roma "la Sapienza" Dip. di Biologia Animale e dell'Uomo, 2002
- Boitani L., Falcucci A., Maiorano L., Montemaggiori A., Rete ecologica nazionale. Il ruolo delle aree protette nella conservazione dei vertebrati, 2002
- Boitani L., Rete ecologica nazionale e conservazione della biodiversità, 2000
- Bologna G. (a cura di), Italia capace di futuro, Editrice Missionaria Italiana, Bologna, 2000
- Brichetti P., Massa B., Check-list degli uccelli italiani, 1984.
- Brinchetti P., Distribuzione geografica degli Uccelli nidificanti in Italia, Corsica e isole maltesi. Natura Bresciana, 1979.
- Bruno S., Serpenti d'Italia. Giunti Martello ed., Firenze, 1984.
- Bulgarini F., Calvario E., Fraticelli F., Petretti F., Sarrocco S., Libro rosso degli animali d'Italia, 1998.
- CEDPPN (Centro Europeo di Documentazione sulla Pianificazione dei Parchi Naturali), Ricerca europea sulla pianificazione dei Parchi naturali. Politecnico di Torino, 1996.
- Chatelain C., Gautier L., Spichiger R., Application du SIG IVOIRE à la distribution potentielle des espèces en fonction des facteurs écologiques. In: Plant systematics and phytogeography for understanding of african biodiversity. Systematics and Geography of Plants 71(2). (ed. Robbrecht E, J. Degreef & I. Friis), Bruxelles, 2002
- Conferenza di Stoccolma sull'Ambiente Umano 1972.
- De Marchi A., Rossi O., La carta ecologica: concetti metodi e proposte, 1989.
- Direttiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio concernente la "Valutazione degli effetti di determinati piani e programmi sull'ambiente"
- Duprè E., Distribuzione potenziale del lupo (*Canis lupus*) in Italia e modelli di espansione del-



l'areale: un approccio multivariato sviluppato attraverso il GIS. Tesi di Dottorato di Biologia animale. Università degli Studi di Roma "La Sapienza", 1996.

- Fila-Mauro E., Maffiotti A., Pompilio L., Rivella E., Vietti D., "Fauna selvatica ed infrastrutture lineari", Regione Piemonte, ARPA Piemonte -Torino - 2005
- Forman R. T. T., Godron M., Landscape Ecology, New York, 1986.
- Franco D., Paesaggio, Reti ecologiche ed agroforestazione
- Frugis S., Schenk H., Red list of italian birds. 1981.
- Groppali R., Fanfani A., Pavan M., Aspetti della copertura forestale, della flora e della fauna nel paesaggio naturalistico dell'Italia meridionale e insulare. Ministero Agricoltura e Foreste, Roma, Collana Verde, 1983.
- Guccione M., Bajo N., Baldi A., Reti Ecologiche a scala locale: lineamenti ed indicazioni generali. APAT – Agenzia per la Protezione dell'ambiente e per i Servizi Tecnici, 2003.
- Guisan A., Zimmerman N. E., Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling, 2000.
- Hausser J., Chessel D., Perrin N., Ecological-niche factor analysis: How to compute habitat-suitability maps without absence data? Ecological Society of America, 2002
- Helfer, V., F. Métral, and A. Hirzel, Construction de cartes d'habitat potentiel : Comparaison et évaluation de l'ENFA et du GLM à l'aide d'une espèce virtuelle: le Marsupilami. Certificate. University of Lausanne. PDF. Contact V.Helfer and F.Métral
- Hirzel A., When GIS come to life. Linking landscape- and population ecology for large population management modelling: the case of Ibex (*Capra ibex*) in Switzerland. Institute of Ecology, Laboratory for Conservation Biology. University of Lausanne.
- Hirzel, A.H., Helfer, V., Métral, F., Assessing habitat-suitability models with a virtual species. Ecological Modelling, 2001.
- IPLA, Definizione e protocollo delle variabili da rilevare nell'Inventario Forestale e per le legende delle cartografie tematiche, 2000.
- IPLA, documento di supporto, Manuale per la pianificazione multifunzionale della viabilità silvo-pastorale
- Mennella C., Il clima d'Italia, Fratelli Conte Editori, 1967
- Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio, Sistema delle Aree Protette Nazionali
- Ministero dell'Ambiente, Repertorio della fauna italiana protetta 1999, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato
- Mitchell-Jones, Amori G., Bogdanowicz W., Krystufek B., Reijnders P. J. H., Spitzenberg F., Stubbe M., Thissen J. B. M., Vohralik V., Zima J., The atlas of european mammals
- Montacchini F., Caramiello R-Lomagno, Forneris G., Piervittori R., Carta della vegetazione della valle di Susa ed evidenziazione dell'influsso antropico, Istituto ed Orto Botanico dell'Università di Torino
- Pavan M., Risultati del censimento di 22 specie di mammiferi nel territorio italiano e Banca dati della distribuzione geografica di 22 specie di mammiferi in Italia. Collana Verde, 1983.
- Pearson, R. G., Dawson, T. P. e Liu, C., Modelling species distributions in Britain: a Hierarchical integration of climate and land-cover data, 2004.
- Pignatti S., Ecologia del Paesaggio, UTET, Torino, 1994.
- Pignatti S., I piani vegetazionali in Italia, Giorn. Bot. Ital., 1980.
- Pirola A., Gli studi vegetazionali e lo sviluppo della fitosociologia in Italia. 100 anni di ricerche botaniche in Italia. Società Botanica Italiana Firenze, 1988.
- Reggiani G., Boitani L., Amori G., I contenuti ecologici di una rete ecologica. Atti del convegno "Reti ecologiche azioni locali di gestione territoriale per la conservazione dell'ambiente". Centro Studi Valeri Giacobini, Gargnano 12-13 Ottobre 2000

- Spegnesi M., Toso S., De Marinis A. M., Italian Mammals. Ministero dell’Ambiente, Servizio Conservazione della Natura e Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica, 2000.
- Toschi, A., Mammalia (Lagomorpha, Rodentia, Carnivora, Ungulata, Cetacea). Fauna d’Italia, II, Calderoni ed., Bologna, 1965.
- Toso S., Apollonio M., Ottino N., Rosselli D., Guberti V., Giovannini A., Biologia e conservazione degli ungulati alpini. Casa editrice Parco Naturale della Val Troncea, Pragelato, 1991.
- Wilson E.O., The diversity of life. Belknap, Cambridge, Massachusetts, USA, 1992.
- Zangheri P., Pasa A., Piccola fauna italiana. Uccelli e Mammiferi. Martello ed., 1969.

### **Websites / Siti internet**

<http://www.arpa.piemonte.it>

<http://www.regione.piemonte.it>

[http://www.regione.piemonte.it/repertorio/elenco\\_dati\\_scaricabili](http://www.regione.piemonte.it/repertorio/elenco_dati_scaricabili)

<http://www.sinanet.anpa.it> <http://>

<http://www.bioinfovet.unimi.it/sito1999/lupo/habitat.html>

<http://www.bdp.it/mimm0017/LUPUS/Lupo/Luposci/habitat.htm>

<http://www.pegacity.it/parco/vallombrosa/Lupo.htm>

<http://www.ciso-coi.org/atlas.htm>

<http://www.parks.it>

<http://195.94.130.92/atlanti/index.asp>

<http://www.enel.it/natura/>

<http://www.provincia.torino.it>

[http://www.provincia.torino.it/web\\_cartografico/servurb/](http://www.provincia.torino.it/web_cartografico/servurb/)





# Alplakes Network



RhôneAlpes Région

RhôneAlpes  
tourisme

DISTRETTO  
TURISTICO  
DEI LAGHI



Lago Maggiore  
Lago d'Orta  
Lago di Mergozzo  
Monti e Valli d'Ossola



Regione Lombardia



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

REGIONE DEL VENETO

Provincia  
belluno  
sentirsi dolomiti

KÄRNTEN  
KARNTEN

NID

