



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SIENA
FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI
CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA IN GESTIONE E CONSERVAZIONE
DEL PATRIMONIO NATURALE**

**INFLUENZA DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO
SULL'IDONEITÀ AMBIENTALE PER IL GENERE
LEPUS NEL LAZIO**

Docente Tutor:

Prof. Sandro Lovari

Correlatore esterno:

Dott. Francesco Riga

**Tesi di Laurea di:
TIZIANA BOCCANERA**

ANNO ACCADEMICO 2008-2009

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	
1.1. Sistematica e distribuzione di <i>Lepus corsicanus</i> e <i>Lepus europaeus</i>	3
1.2. Cambiamento climatico globale	8
1.3. Premessa e scopo del lavoro	15
2. LAGOMORFI	
2.1. Cenni generali ed origine dei Lagomorfi	17
2.2. Evoluzione del Genere <i>Lepus</i> in Europa	22
2.2.1. Tassonomia e distribuzione	22
2.2.2. Filogenesi e struttura del Genere <i>Lepus</i>	26
2.3. Le specie del Genere <i>Lepus</i> in Italia	29
2.3.1. <i>L. europaeus</i>	29
2.3.2. <i>L. corsicanus</i>	56
2.3.3. <i>L. timidus</i>	71
2.3.4. <i>Lepus «capensis» mediterraneus</i>	82
3. AREA DI STUDIO	87
4. MATERIALI E METODI	
4.1. Tecniche di campionamento utilizzate	89
4.1.1. Avvistamenti notturni con fari	89
4.1.2. Riconoscimento in natura di <i>L. corsicanus</i> e <i>L. europaeus</i>	92
4.1.3. Raccolta escrementi	94
4.2. Analisi genetica	98
4.4. Metodi di elaborazione dati	100
4.4.1. Indice chilometrico di abbondanza(IKA)	100
4.4.2. Variabili ambientali	101
4.4.3. Analisi ecologica	108
4.4.4. Metodi statistici utilizzati	111
4.5. Modello di idoneità ambientale	111
4.5.1. <i>Ecological Niche Factor Analysis</i> (ENFA)	112
4.5.2. Costruzione degli strati informativi vettoriali e conversione in formato raster	114
4.5.3. Elaborazione dell'ENFA attuale	115
4.5.4. Costruzione degli strati informativi vettoriali e conversione in formato raster con le variabili future	123
4.5.5. Elaborazione dell'ENFA degli scenari A1 e B1	127
5. RISULTATI	
5.1. Presenza, distribuzione ed abbondanza relativa	131
5.2. Analisi ecologica	134
5.2.1. Confronto tra le localizzazioni di <i>L. corsicanus</i> e <i>L. europaeus</i>	134
5.2.2. Confronto tra le localizzazioni di <i>L. corsicanus</i> e <i>L. europaeus</i> con variabili climatiche	143
5.3. Modelli Attuale della <i>L. corsicanus</i> e <i>L. europaeus</i>	148
5.3.1. Confronto tra le nicchie ecologiche attuali	155
5.4. Modelli degli scenari A1 e B1 della <i>L. corsicanus</i> e <i>L. europaeus</i>	158
5.5. Confronto tra modello di idoneità attuale e futuro	174
6. DISCUSSIONE	
6.1. Presenza, distribuzione e preferenze ecologiche	177
6.2. Confronto tra i modelli attuali	180
6.3. Confronto tra modello attuale e il modello futuro	182
7. CONCLUSIONI	184
8. APPENDICE	192
9. BIBLIOGRAFIA	196

1. INTRODUZIONE

1.1 Sistematica e distribuzione di *Lepus corsicanus* e *Lepus europaeus*

La Lepre italiana (*L. corsicanus*) fu descritta per la prima volta nel 1898 dal naturalista inglese W. E. De Winton quale specie distinta dalla Lepre comune (*L. europaeus*) sulla base di alcuni caratteri morfologici esterni, osservati su esemplari conservati in collezioni museali europee ed americane. Nel secolo scorso, invece, il taxon fu declassato a sottospecie di *L. europaeus* da diversi autori (Miller, 1912; Ellermann e Morrison-Scott, 1951) e come tale, intorno agli anni Sessanta, fu considerata estinta per ibridazione con quest'ultima specie, a causa delle massicce e ripetute immissioni di Lepri europee appartenenti a sottospecie importate dall'Europa continentale, per scopi venatori. (Toschi, 1965).

A partire dalla metà degli Anni Ottanta del secolo scorso una revisione dei reperti museali italiani del genere *Lepus* ha riconfermato l'identità specifica del taxon (Palacios et al., 1989; Palacios, 1996), permettendo inoltre di attribuire a *L. corsicanus* alcuni esemplari recenti (1974-75) provenienti dalla Calabria (in località Mongiana, provincia di Vibo Valentia).

La riscoperta di questa specie ha reso necessarie la raccolta e l'analisi di nuovi dati, avviate dall'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica (INFS) nel 1990, e riferite a campioni di lepri abbattute durante l'esercizio venatorio, ad osservazioni dirette nelle aree di presenza segnalate e a revisioni dei reperti conservati nei musei italiani, allo scopo di documentare le distinzioni tassonomiche ed ecologiche esistenti tra *L. corsicanus* e *L. europaeus*, ed di definire la distribuzione geografica e la consistenza delle popolazioni di *L. corsicanus* nella penisola ed in Sicilia.

La validità della Lepre italiana come bona species è stata ulteriormente confermata da recenti indagini morfologiche (Riga et al., 2001) e genetiche (Pierpaoli et al., 1999), condotte sequenziando il DNA mitocondriale, tali studi hanno inoltre confermato ed incrementato le differenze esistenti tra *L. corsicanus* e *L. europaeus*. A livello morfologico sono stati riconosciuti numerosi caratteri discriminanti, qualitativi e quantitativi, riguardanti la taglia, il mantello ed il cranio (De Marinis & Toso, 1998; Riga et al., 2001), alcuni dei quali utilizzabili per il riconoscimento specifico delle lepri in natura, come la colorazione della nuca, della coscia e del fianco.

Dal punto di vista filogenetico *L. corsicanus* e *L. europaeus* appaiono come forme estremamente differenziate ed appartenenti a due linee evolutive autonome, in particolare *L. corsicanus*, con *L. timidus* (presente in Italia sull'arco Alpino) e *L. granatensis* (presente in Spagna) appartiene al gruppo di specie europee confinate in aree di rifugio glaciale, la cui speciazione potrebbe essere stata determinata dai ripetuti eventi di isolamento causati dall'alternarsi di periodi glaciali ed interglaciali. *L. europaeus* con *L. capensis mediterraneus*, *L. habessinicus* e *L. starcki* appartiene invece alla linea evolutiva composta dalle specie di origine africana (Fig 1.1.). Le stime di divergenza, calcolate in base al numero di mutazioni, fanno risalire l'epoca di separazione tra le forme ancestrali dei due gruppi a circa 3 milioni di anni fa.

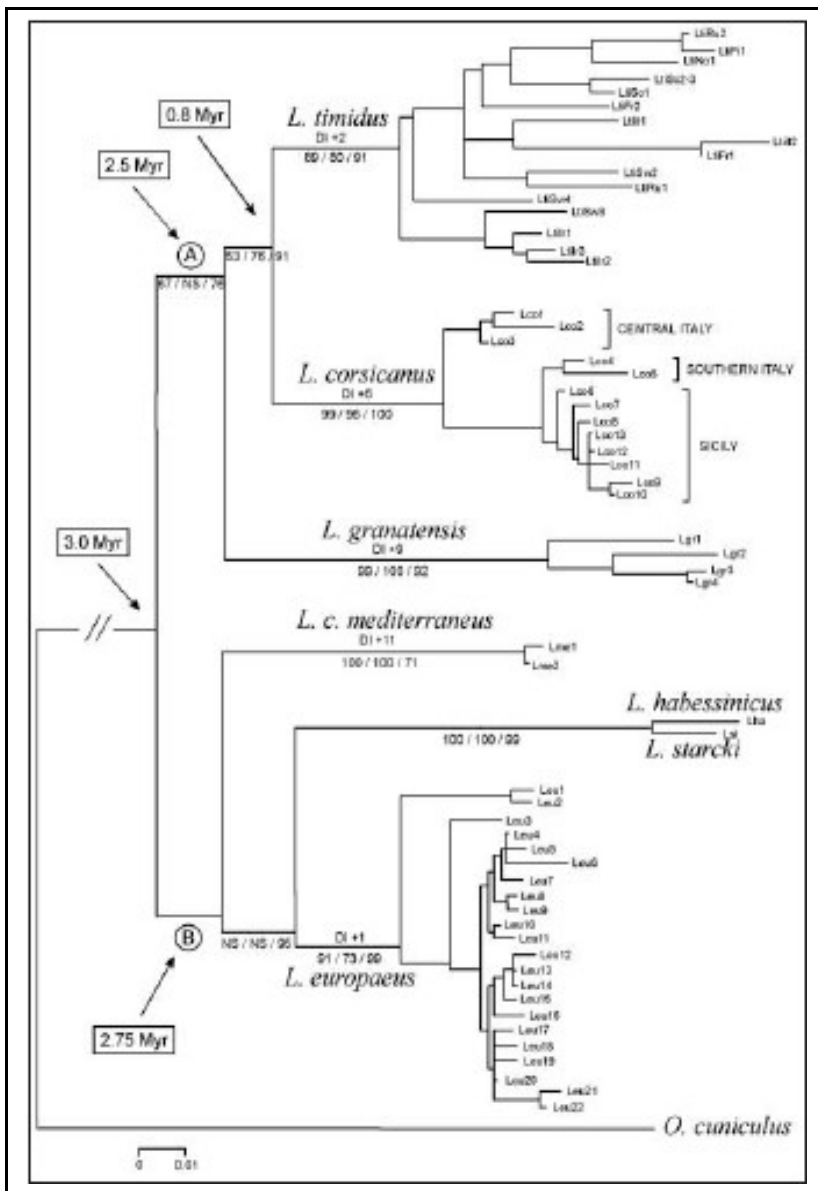


Figura 1.1. – Relazioni filogenetiche tra *L. corsicanus* ed altri Leporidi (Pierpaoli et al., 1999)

Le analisi del DNA mitocondriale hanno inoltre evidenziato come la Lepre italiana sia caratterizzata da una forte correlazione tra la variabilità genetica delle popolazioni e la loro distribuzione geografica. Ne risulta che le popolazioni dell'Italia centrale (Toscana e Lazio) sono geneticamente diverse da quelle presenti nelle regioni meridionali della Penisola (Puglia, Campania, Basilicata e Calabria), che a loro volta differiscono da quelle siciliane.

Anche le popolazioni italiane di Lepre comune sono attualmente oggetto di approfonditi studi di tipo genetico e morfologico, al fine di valutare le conseguenze indotte nella forma autoctona (tradizionalmente identificata come *L. e. meridiei*) dalle ripetute introduzioni di altre sottospecie.

Da questi studi risulta che la generalità delle popolazioni italiane presentano aplotipi comuni alle popolazioni europee e sudamericane da cui provengono i contingenti importati per i ripopolamenti condotti a fini venatori. Inoltre le analisi craniometriche dimostrano un significativo aumento della taglia nelle attuali popolazioni italiane di Lepre comune, rispetto ai campioni raccolti fino al primo decennio del XX secolo, con un avvicinamento ai tipi morfologici delle forme centro-europee. Ciò nonostante, in aree appenniniche d'altitudine sono state individuate lepri comuni con aplotipi esclusivi del territorio italiano.

L. corsicanus, è una specie endemica distribuita nell'Italia centro-meridionale ed in Sicilia (Spegnesi et al., 2000), tuttavia la presenza e la distribuzione pre-storica e storica sono documentate in poche aree e periodi. Per i dati paleontologici manca attualmente una revisione di gran parte del materiale appartenente al genere *Lepus*, alla luce dei recenti sviluppi di carattere genetico e morfometrico che, in alcuni casi (Grotte Romanelli e di Melpignano presso Lecce. Riga e Trocchi, osserv. ined.) hanno consentito di attribuire a *L. corsicanus* reperti precedentemente classificati come *L. europaeus*.

Le conoscenze circa la distribuzione storica della Lepre italiana tra la fine del XIX Secolo e l'inizio del XX ponevano il limite settentrionale all'isola d'Elba (LI), sul versante tirrenico, e alla Provincia di Foggia sul versante adriatico (Banca Dati Nazionale per la Lepre italiana – INFS). Fonti bibliografiche indicano, inoltre, l'introduzione della specie prima del XVI secolo in Corsica (Vigne, 1988).

La sua distribuzione attuale (a partire dalla seconda metà del Secolo scorso) invece, vedeva come limite settentrionale una linea immaginaria più a sud di quella “storica”, che escludeva completamente la Toscana congiungendo l’alto Lazio alla Provincia di Foggia, con nuclei e popolazioni frammentati e scarsamente consistenti fino alla Calabria ed altri maggiormente continui in Sicilia (Trocchi et al., 1998) dove le analisi morfologiche hanno stabilito che *L. corsicanus* è l’unica specie presente sull’Isola nonostante le ripetute immissioni di *L. europaeus* (Lo Valvo et al., 1997). Nel 1999 è stata di nuovo confermata la presenza della Lepre italiana in Toscana (Provincia di Grosseto) dove è stato recentemente condotto uno studio specifico (Macchia et. al., 2005).

In base alle segnalazioni accertate nell’ultimo decennio, la distribuzione della specie è ricostruita come segue (Fig. 1.2.)



Figura 1.2. – Distribuzione di *L. corsicanus* rispetto alle segnalazioni dell’ultimo decennio.

La Lepre comune (diffusa in Eurasia e nel mondo), rispetto al suo areale italiano era originariamente distribuita nelle regioni centro-settentrionali della penisola, a nord di una linea immaginaria che va da Grosseto a Foggia. In seguito ai massicci ripopolamenti, oggi la specie è virtualmente presente in tutte le province dell'Italia peninsulare, come dimostrano i reperti museali raccolti prima del 1960 (quindi fino ad un'epoca in cui i ripopolamenti erano avvenuti in misura ancora limitata) e dopo (Fig 1.3.).

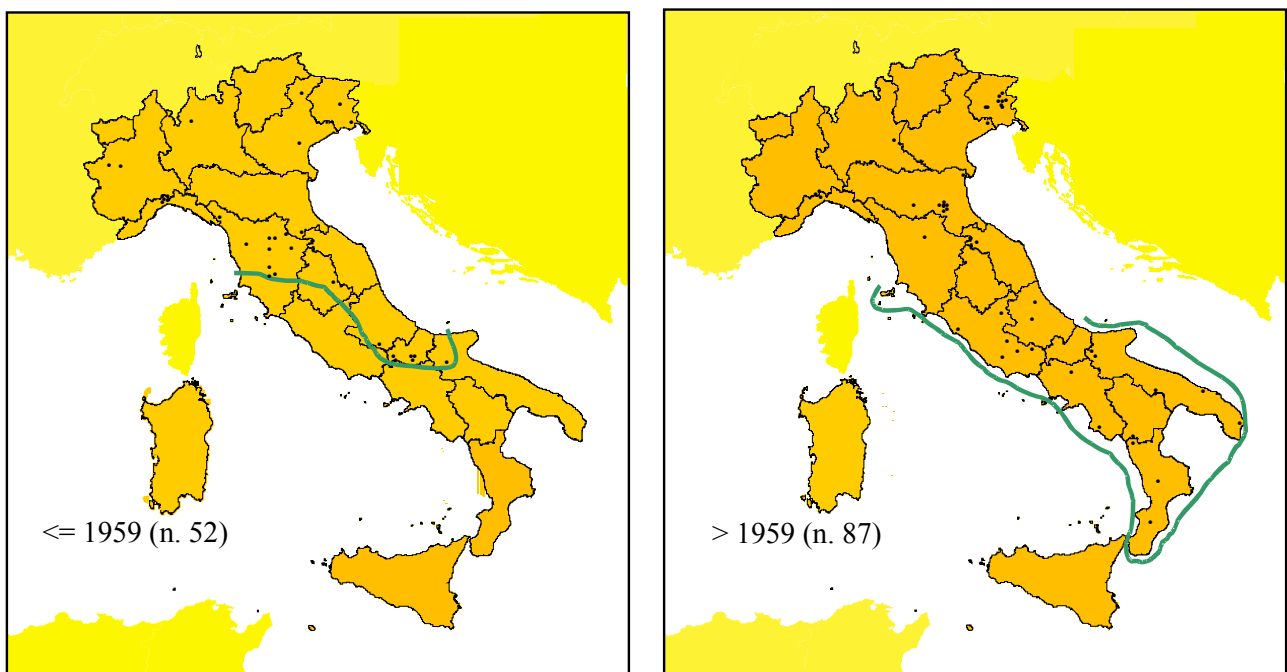


Figura 1.3. - Distribuzione dei reperti museali di *L. europaeus*, prima e dopo il 1959. La linea verde rappresenta il limite di generale diffusione verso Sud della distribuzione dei reperti medesimi

Esclusa la Sicilia, (dove nonostante le cospicue immissioni la Lepre comune non è presente) l'areale di distribuzione di *L. corsicanus* è, oggi, interamente compreso in quello ben più ampio di *Lepus europaeus*, quindi, nell'arco di mezzo secolo le due specie sono quindi passate da una situazione di simpatria marginale ad una estesa praticamente a tutta la parte centro-meridionale della Penisola.

1.2. cambiamento climatico globale

Le condizioni climatiche del nostro pianeta sono determinate dalle caratteristiche fisiche e chimiche dell'atmosfera e della geosfera. Il fattore climatico che permette di suddividere in maniera classica l'atmosfera in strati è la temperatura, che diminuisce a partire dalla superficie terrestre con l'aumentare dell'altitudine di circa 6.5°C al Km. Lo strato in cui questo gradiente rimane in diminuzione costante (da $+17^{\circ}$ a -52°C circa) si chiama Troposfera e arriva mediamente a circa 14 Km di altezza e rappresenta di fatto l'interfaccia dove hanno origine la maggior parte delle attività climatiche.

%. La radiazione che riceve la Terra è costante, ma l'insolazione, ovvero la quantità di energia solare che realmente raggiunge la superficie terrestre, dipende da due fattori che variano con la latitudine e con la variazione stagionale dell'orbita apparente del sole: l'angolo di incidenza dei raggi del sole sulla Terra, e la durata di esposizione ai raggi solari

. Tra i vari fattori che determinano le variazioni della temperatura dobbiamo annoverare i piccoli cambiamenti dell'orbita terrestre che influenzano la distanza della Terra dal Sole

Le temperature sono inoltre influenzate dalle perdite d'insolazione nell'atmosfera dovute al fatto che gas, copertura nuvolosa, e particolato atmosferico inducono fenomeni di riflessione, diffusione ed assorbimento variabili nello spazio e nel tempo, per cui parte della radiazione riflessa viene rinviata nello spazio e definitivamente persa. Si hanno fenomeni di riflessione anche da parte della superficie terrestre, questo fenomeno, detto albedo, varia a seconda del tipo di superficie colpita e in base all'angolo d'incidenza dei raggi. Parte dell'energia assorbita dalla Terra viene perduta per irradiazione infrarossa, conduzione e diffusione. In uno stato stazionario circa l'80% delle energia radiata dalla superficie terrestre viene assorbita nuovamente dall'atmosfera che in parte riemette nuovamente verso il suolo permettendo di mantenere temperature idonee alla vita. Questo fenomeno è noto come effetto serra per via degli studi del matematico e fisico francese Jean-Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) che intorno all'anno 1800 per divulgarne i meccanismi generali paragonò l'atmosfera, e la sua capacità di trattenere il calore, ai vetri di una serra. Il risultato di questo equilibrio dinamico è la temperatura media di 15°C, che il nostro pianeta raggiunge seppure immerso nello spazio a -270°C. Se però viene trattenuta una quantità sempre maggiore di radiazione in atmosfera si ha uno stato di disequilibrio e la temperatura media tende ad aumentare

Recenti stime suggeriscono che circa la metà dell'effetto di riscaldamento globale della Terra sia imputabile all'immissione in atmosfera di gas serra diversi dall'anidride carbonica. Tra questi il metano ha una capacità superiore di assorbire IR rispetto a quella dell'anidride carbonica. La sua concentrazione atmosferica è relativamente bassa, ma quella attuale di 1.7 ppm è raddoppiata rispetto all'epoca pre-industriale e dal 1979 viene indicato un aumento annuo dell'1%. Il metano proviene da un gran numero di sorgenti, sia antropiche che naturali, queste ultime rappresentano il maggior contributo alle emissioni atmosferiche. Il metano è da sempre anche un prodotto della decomposizione delle biomasse vegetali, ma oltre alle aree dove ciò avviene secondo i cicli naturali della materia, l'uomo ha aggiunto delle aree artificiali dove ciò avviene con le stesse modalità naturali, come le discariche e le foreste disboscate, aumentando così la produzione.

Il tasso d'incremento della concentrazione in atmosfera dei gas serra, registrato, è pari all'1,5% annuo. Ciò è in massima parte dovuto all'aumento della popolazione mondiale, alle moderne pratiche agricole ed all'industrializzazione.

Nell'ultimo secolo la popolazione si è triplicata e verosimilmente raddoppierà nel prossimo. La produzione industriale è pari a 50 volte quella che era 50 anni fa e potrà decuplicarsi ancora nei prossimi 50. La produzione di energia è aumentata del 23%, in massima parte a seguito dell'utilizzo sempre maggiore di combustibili fossili.

Il Report 2004 dell'European Environmental Agency (EEA, 2004) descrive lo stato dei cambiamenti climatici ed i loro impatti in Europa attraverso le seguenti 8 categorie di indicatori principali, che possono considerarsi rappresentativi di più complesse risposte dell'ambiente di fronte ai cambiamenti climatici, e danno un'indicazione di dove e in quale settore l'Europa è più vulnerabile nel prossimo futuro: atmosfera e clima; ghiacciai; sistemi marini; ecosistemi terrestri e biodiversità; acqua; agricoltura; economia; salute umana.

Secondo le previsioni tra il 1990 e il 2100 le temperature aumenteranno di 2 - 6,3°C. La soglia di sostenibilità calcolata stabilita dall'UE prevede un incremento non più alto di 2,0°.

In molte parti dell'Europa, la composizione della flora è cambiata, ed i fenomeni di estinzione sono avvenuti nelle ultime decadi con un tasso di 100-1000 volte superiore al normale (Hare, 2003), e sebbene la causa principale sia da ricercare a processi tipo la frammentazione del territorio e distruzione di habitat naturali, alcuni studi hanno dimostrato una correlazione con i recenti cambiamenti del clima (Hughes, 2000; Pauli et al., 2003; Parmesan and Yohe, 2003).

Le specie vegetali montane endemiche sono minacciate dalla migrazione verso nord e verso altitudini maggiori delle piante sub-alpine più competitive e dagli alberi che si stanno espandendo a causa dei cambiamenti climatici (Molau and Alatalo, 1998; Tamis et al., 2001; Preston et al., 2002).

In futuro le specie poco tolleranti saranno rimpiazzate da quelle più competitive con una conseguente perdita di biodiversità endemica montana (Fig.1.4.)

Inoltre, per facilitare la cooperazione tra i vari esperti di modellistica (scenari di emissione dei gas serra, e di valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici sui vari sistemi), è stato costituito il Gruppo di Lavoro sugli Scenari per il Clima e Valutazione degli Impatti (TG CIA), che attraverso il Centro di Distribuzione Dati è in grado di fornire rapidamente informazioni e dati alle comunità scientifiche internazionali che operano sul clima. Un esempio di questi dati è rappresentato dai Modelli del Clima Globale (GCMs) prodotti da diversi Centri e Istituti di Modellistica, contenuti nel Rapporto Speciale sui Scenari di Emissione (SRES).

Nel 1990 (Houghton et al., 1990) e nel 1992 (Leggett et al., 1992; Pepper et al., 1992) l'IPCC ha distribuito un primo set di sei scenari, conosciuti con la sigla IS92 e valutati ufficialmente nel 1995 (Alcamo et al., 1995),

Nel 1996 è stato sviluppato un nuovo e più completo set di scenari descritti nell'apposito SRES.

Gli scenari sono immagini del futuro, o di possibili futuri. Essi non sono né previsioni né tanto meno profezie, piuttosto ciascun scenario è una stima plausibile di come potrebbe dispiegarsi il futuro, seppur con i dovuti margini di incertezza (Morgan and Henrion, 1990; Funtowicz and Ravetz, 1990), basata su possibili decisioni politiche, tecnologiche, demografiche, uso del suolo, economiche, ed altro che possano influire sulle emissioni di gas serra ed altri inquinanti di origine antropica.

Il SRES del 1996 riporta quattro famiglie di scenari siglate semplicemente come: A1, A2, B1 e B2, suddivise sulla base delle emissioni totali (in Gicatonnellate) di CO² caratterizzate da specifiche assunzioni (Fig. 1.5.)

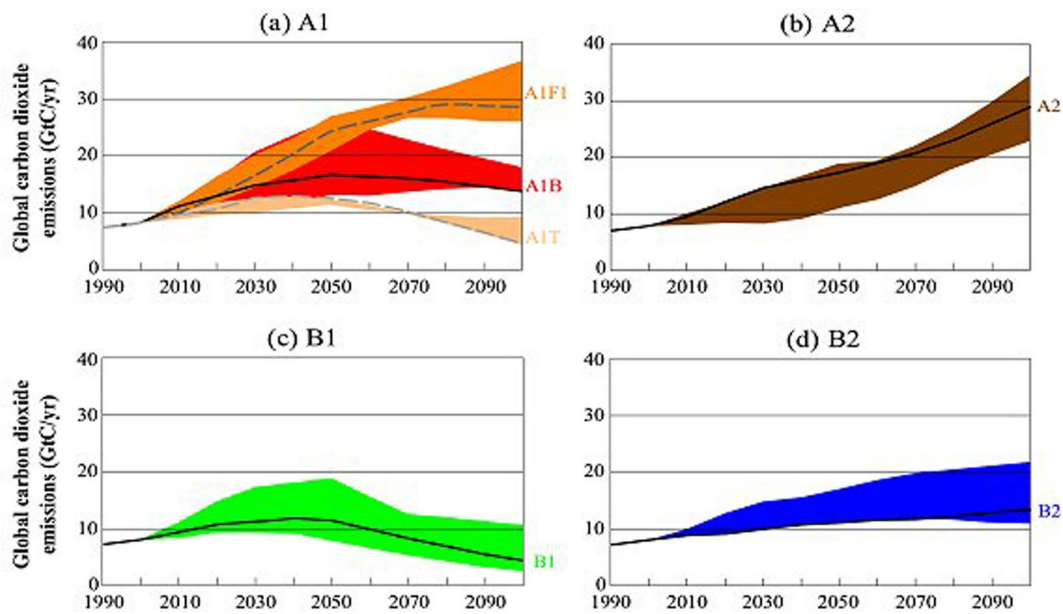


Figura 1.5. Grafici delle emissioni totali di CO²/anno suddivise nelle quattro famiglie (sei gruppi) di scenari IPCC.

Tutte e quattro le famiglie descrivono mondi futuri che sono generalmente più floridi di quello attuale. Schematicam

L'A1 descrive un mondo futuro in grande rapida crescita economica, basso incremento demografico, e rapida introduzione di nuove e più efficienti tecnologie, con una sostanziale riduzione delle differenze regionali dei redditi pro capite.

A2 invece consistono nel preservare le locali identità e differenze, lo sviluppo economico è infatti principalmente gestito dalle politiche locali così come lo sviluppo e l'adozione di tecnologie più efficienti e pulite e la crescita dei redditi pro capite sono estremamente diversificate e più lente che in altre famiglie di scenari. In questo gruppo invece, è molto alta la crescita demografica. Per quanto riguarda la B1 viene considerato un mondo dove abbiamo un basso sviluppo demografico come in A1, ma con rapida introduzione di nuove e più efficienti tecnologie e con un sistema economico che punta ai servizi ed all'informazione con riduzione degli sprechi. La caratteristica fondamentale è l'importanza data alla soluzione globale della sostenibilità ambientale ed economica e della ricerca a migliorare l'equità sociale. Infine, la B2 delinea un mondo con moderata crescita demografica, livello di sviluppo economico intermedio tra quelli ipotizzati in B1 e A1 e meno rapido cambiamento tecnologico. Questo scenario è orientato verso un approccio localizzato della sostenibilità ambientale ed economica e di una più equa politica sociale.

All'interno di ogni famiglia di scenari sono state prese in considerazione molte delle possibili interazioni delle forze guida, e a varie intensità, che agiscono all'interno della famiglia stessa o gruppo. Il risultato finale è l'elaborazione e la selezione di quaranta scenari, raggruppati appunto nei sei gruppi/quattro famiglie, che coprono quasi interamente l'intera gamma della variabilità dei GHG emessi contemplata negli studi dagli esperti di queste dinamiche, e disponibili in letteratura (Wigley et al., 1990; Kelly, 1992; Ramaswamy et al., 1992; Cess et al., 1993; Harvey, 1994; Osborn and Wigley, 1994; IPCC, 1997).

1.3. Premessa e scopo del lavoro

Gli effetti dei cambiamenti climatici sui sistemi naturali sono molteplici: il clima è infatti uno dei fattori che ne determinano la composizione, la produttività e la struttura. Le condizioni meteorologiche influiscono sulla distribuzione geografica delle specie animali, a cui si deve anche aggiungere la disponibilità di risorse, ad esempio alimentari.

I cambiamenti climatici possono di conseguenza modificare direttamente (ad esempio tramite l'aumento della temperatura) o indirettamente (ad esempio tramite la modifica della disponibilità di cibo) gli ecosistemi, nonché gli individui e le popolazioni che li abitano. In questo lavoro sono presentate alcune analisi condotte sulla lepre nella regione Lazio.

Lo strumento adottato per l'analisi è quello dei modelli di idoneità ambientali.

Il riconoscimento dello status specifico di *Lepus corsicanus*, ritenuta una specie ormai estinta, ed il fatto che essa sia un endemismo dell'Italia centro-meridionale e della Sicilia, le conferiscono un elevato valore conservazionistico ed un particolare pregio nel panorama della biodiversità nel nostro Paese.

Questa tesi di Laurea, si è svolta nell'ambito di uno studio sullo Stato di conservazione e distribuzione della Lepre italiana (*Lepus corsicanus*) nel Lazio avviato dall'I.S.P.R.A. (Ex I.N.F.S.) in convenzione con l'Agenzia Regionale Parchi del Lazio per pubblicare un "Piano d'azione regionale per la Lepre italiana" con l'obiettivo di raccogliere e sintetizzare tutte le odierne conoscenze circa lo status, la biologia ed i fattori limitanti che riguardano la specie per poter delineare possibili soluzioni teoriche ed applicative per la sua conservazione.

Da qui nasce la necessità di condurre indagini mirate ad ampliare le conoscenze circa la distribuzione a livello locale, le caratteristiche ecologiche, ed i fattori limitanti locali che interessano le popolazioni per meglio delineare le possibili strategie per la conservazione ed il loro auspicabile incremento. Tra i maggiori fattori di rischio evidenziati finora per la Lepre italiana e limitanti per la sua espansione è indicata la presenza di *L. europaeus* nel suo areale a causa dei massicci ripopolamenti avvenuti, e spesso ancora in atto, in tutta la Penisola.

Tra le due specie possono infatti verificarsi fenomeni di competizione interspecifica soprattutto mediante l'utilizzo delle stesse risorse trofiche o dei siti di riproduzione e rifugio. Tale competizione può influire sulla coesistenza delle popolazioni interessate, in termini di variazione della loro consistenza, distribuzione e struttura.

Il progetto è iniziato il 18 giugno del 2007 per la durata di 2 anni.

Il presente lavoro, si propone di confermare la presenza di *Lepus corsicanus* nell'area di studio per poi indagare e confrontare, attraverso l'analisi di un modello di idoneità ambientale, la distribuzione e le caratteristiche ecologiche di tale specie con quelle della Lepre europea, in modo tale da approfondire le conoscenze circa le preferenze ambientali che ciascuna specie mostra in condizione di simpatria, ma soprattutto di confermare che i previsti cambiamenti climatici futuri (IPCC,2001) avranno un impatto significativo sulla distribuzione della specie.

Queste informazioni sono indispensabili per poter elaborare delle corrette strategie di gestione della Lepre europea e della Lepre italica mirate alla conservazione e all'incremento delle popolazioni di quest'ultima.

Per raggiungere lo scopo prefissato si è operato in modo da:

Rilevare la presenza delle due specie nell'area di studio attraverso l'impiego di tecniche di localizzazione dirette ed indirette;

Creare un potenziale Modello di idoneità ambientale per entrambe le specie;

Valutare le differenze nella loro distribuzione rispetto ad una serie di caratteristiche ambientali prese in considerazione;

Valutare quali fra queste caratteristiche incide maggiormente sulla selezione dell'habitat operata da ciascuna specie;

Creare potenziali Modelli di idoneità ambientale utilizzando scenari futuri .

2. LAGOMORFI

2.1. Cenni generali ed origine dei Lagomorfi

Per molto tempo i Lagomorfi (*Duplicidentata*) sono stati inclusi nell'ordine dei Roditori (*Simplicidentata*) per le notevoli rassomiglianze esistenti fra questi due gruppi di Mammiferi. Dal 1912 questi due Ordini sono ufficialmente separati (Gidely, 1912; Chapman & Flux, 1990), anche se ancora oggi tale acquisizione è scarsamente diffusa tra la popolazione.

Molte sono, in effetti, le affinità; entrambi hanno un piccolo cervello che non arriva a coprire il cervelletto, l'intestino cieco molto sviluppato, la placenta emo-endoteliale, una tromba uterina per lato, identiche abitudini alimentari, gli incisivi particolarmente sviluppati per rodere sostanze vegetali e la cavità boccale divisa in due parti.

Tuttavia, da un approfondito esame, risultano evidenti anche numerose e notevoli differenze: i Lagomorfi hanno due paia di incisivi nella mascella superiore, disposti l'uno dietro l'altro, mentre i Roditori ne hanno solo un paio; gli incisivi dei primi sono inoltre smaltati sia anteriormente che posteriormente, al contrario di quanto avviene nei secondi che presentano lo smalto solo sulla parte anteriore; nel masticare i Roditori muovono la mascella inferiore avanti ed indietro, mentre Ocotonidi e Leporini la muovono su un piano orizzontale da sinistra a destra e viceversa, il che comporta una differente struttura dei muscoli masticatori, i masseteri; le due ossa che comprendono la mandibola, inoltre, si presentano saldate, mentre nei Roditori possono muoversi indipendentemente l'una dall'altra.

Poiché Roditori e Lagomorfi occupano nicchie ecologiche simili, nel corso della loro evoluzione hanno sviluppato numerosi adattamenti dello stesso tipo. Sulla base di queste somiglianze, in passato, Lepri, Conigli, Topi, Ratti, Ghiri etc. venivano riuniti in un unico ordine: quello dei Roditori. Il successivo sviluppo delle tecniche sierologiche ha invece permesso di stabilire che Lepri e Conigli sono in realtà, evolutivamente assai più vicini agli Artiodattili, per cui attualmente vengono classificati in un ordine a sé, quello dei Lagomorfi.

Anche i ritrovamenti fossili escludono una parentela fra i due gruppi perché il Roditore più antico conosciuto, *Paramys* del Paleocene superiore nordamericano, aveva una struttura del cranio e dei denti assai diversa da *Eurymylus*, un antenato dei Lagomorfi, vissuto nello stesso periodo in Asia; queste differenze sono tali da non poter essere spiegate se non ammettendo un'origine separata dei due gruppi.

In base alla struttura del cranio, dei denti e dell'osso della caviglia si ritiene che i Lagomorfi si siano evoluti da Insettivori del Cretaceo, appartenenti al genere *Pseudictops*, ma non esistono ancora prove fossili a sostegno di questa ipotesi.

Lagomorfi e Roditori costituiscono, dunque, un interessante, ma non unico, caso di convergenza evolutiva: i due gruppi animali infatti, pur filogeneticamente lontani, adattandosi e specializzandosi per vivere in nicchie ecologiche simili, hanno subito una pressione selettiva analoga, che li ha portati ad acquisire aspetto ed abitudini simili.

Nonostante le origini molto antiche e l'ampia distribuzione mondiale (comprendente in origine i Continenti Americano, Asiatico, Europeo ed Africano), i Lagomorfi si sono differenziati relativamente poco rispetto ad altri Gruppi ed in particolare ai roditori (circa 80 specie vs circa 1.700 specie).

L'ordine è così ripartito (tab.2.1.):

ORDINE LAGOMORFI	
Famiglia	Genere
LEPORIDI	<i>Nesolagus, Brachylagus, Oryctolagus, Sylvilagus, Lepus, Caprolagus, Romerolagus, Pronolagus, Pantalagus.</i>
OCOTONIDI	<i>Ochotona (Lagomis)</i>

Tabella 2.1. – Ripartizione dell'Ordine dei Lagomorfi

I Lagomorfi sono diffusi in quasi tutte le zone della terra ad eccezione dell'Antartide, del Madagascar, di alcune regioni dell'Indonesia e della parte meridionale del Sudamerica; sono stati introdotti dall'uomo in Australia ed in Nuova Zelanda. Gli Ocotonidi sono esclusivamente oloartici mentre i Leporini sono una famiglia quasi cosmopolita.

Entrambe le Famiglie sono storicamente rappresentate in Italia, benché l'unico rappresentante degli Ootonidi risulti estinto da oltre due secoli (*Prolagus sardus*); i Leporini sono attualmente presente nel Paese con 3 Generi (*Lepus*, *Oryctolagus* e *Sylvilagus*) e 5 specie (Lepre europea *L. europaeus*, Lepre italiana *L. corsicanus*, Lepre variabile *Lepus timidus*, Lepre sarda *Lepus "capensis" mediterraneus*, Coniglio selvatico *Oryctolagus cuniculus* e Silvilago *Sylvilagus floridanus*).

Tra queste tre sono state introdotte dall'Uomo:

- *Oryctolagus cuniculus*, introdotto molto probabilmente dai Romani;
- *L. "c." mediterraneus*, introdotto in Sardegna in epoca storica ancora non ben definita;
- *S. floridanus*, introdotto (abusivamente) negli anni Sessanta del Secolo scorso per fini venatori.

L'origine dei Lagomorfi è conosciuta solo a tratti, attualmente più di 78 generi e circa 200 specie di Lagomorfi fossili sono stati registrati. Un gruppo di Mammiferi asiatici estinti, i Mixodonta (58 – 30 milioni di anni fa), è stato identificato come forma ancestrale da cui si sono evoluti sia i Lagomorfi che i Roditori. Tuttavia, i Lagomorfi condividono strutture scheletriche e dentali che li differenziano da quelle derivate dai Mixodonti. Le similitudini possono comunque indicare antiche relazioni evolutive tra questi tre gruppi di Mammiferi (López Martínez, 1998). I primitivi Lagomorfi, caratterizzati dalla presenza di denti con corone basse e complesse, denti molari con radici, zigomi poco pronunciati, ponte palatino lungo ed arti corti, vissero in Nordamerica e in Asia fra 40 e 20 milioni di anni fa. Essi si differenziarono in forme più evolute di Leporidi, in Nordamerica e di Ootonidi, distribuiti in Asia ed in Europa, durante l'Oligocene (circa 30 milioni di anni fa). In tale epoca sono state ritrovate soltanto tre o quattro specie simpatriche, ma estremamente abbondanti ad indicare che si trattava di organismi chiave degli ecosistemi (López Martínez, 1998).

I Leporidi raggiunsero il loro massimo sviluppo e si diffusero nell'Eurasia e nel Nordamerica nel corso del Pliocene e del Pleistocene, differenziandosi in vari Generi e perfezionando l'adattamento al salto ed alla corsa. Secondo López Martínez (1977) la diversificazione dei Leporidi (dopo la prima fase di immigrazione) coincise molto probabilmente con la fase di "steppizzazione" del Mediterraneo e la siccità verificatasi durante la crisi Messiniana (5,6 - 5,3 milioni di anni fa). Nel Pleistocene i Leporidi si diffusero nel continente africano con i Generi *Pronolagus*, *Serengetilagus* e *Lepus* (Iacoangeli, 1997).; mentre gli Ootonidi raggiunsero la loro massima espansione e diversificazione nel Miocene. Dalla loro comparsa nel Vecchio Mondo gli Ootonidi furono gli unici Lagomorfi presenti in quest'area geografica per un periodo di oltre 20 milioni di anni.

Nonostante tra loro fossero molto simili nell'aspetto, gli Ootonidi presentavano notevoli differenze nella struttura dei molari, tanto che nel Terziario si individuano più linee evolutive, una sola delle quali (*Ochotona*), in conseguenza dei cambiamenti climatici verificatisi a partire dalla fine del Pliocene, è sopravvissuta fino ai giorni ai giorni nostri. Infatti gran parte dei Generi estinsero nel Pliocene, ad eccezione di *Prolagus*, diffuso in Corsica ed in Sardegna, che a sua volta sarebbe scomparso nel XVIII Secolo (Kurtén, 1968).

I primi ritrovamenti fossili del Genere *Lepus* in Europa risalgono al periodo di transizione Plio-Pleistocenico, tali resti sono classificati in parte come *Lepus* sp. ed in parte come appartenenti alla specie estinta *Lepus terraebrunae* Kretzoi, 1965 (López Martínez, 1977). Resti riconducibili allo stesso periodo sono stati rinvenuti anche in Italia e descritti come *Lepus valdarnensis* e *Lepus etruscus* (Bosco, 1899; Forteleoni, 1968); successive analisi hanno però accertato trattarsi di *Oryctolagus lacosti*, un coniglio di grosse dimensioni (Nocchi e Sala, 1994).

I primi reperti fossili di *Lepus* raccolti in Italia (Torre in Pietra, Roma) risalgono a 400.000 anni fa; tutti i reperti sono stati classificati con il livello generico o come specie tradizionalmente conosciute (*Lepus europaeus*, *Lepus timidus*) (es. Caloi e Palombo, 1989; Iacoangeli, 1997).

Tuttavia, si ritiene che tutto il materiale fossile (e storico) raccolto in Italia dovrà essere riesaminato alla luce della (ri) scoperta di *Lepus corsicanus*. Tale rivisitazione è di fondamentale importanza anche per supportare le ipotesi evolutive proposte da Pierpaoli *et al.* (1999) e per la calibrazione dei tempi di separazione stimati sulla base delle distanze genetiche tra i diversi *taxa*.

Ad esempio, osservazioni morfologiche preliminari realizzate da Riga e Trocchi sui reperti cranici di *Lepus* provenienti dalla Grotta Romanelli (Lecce) e conservati presso il Museo Nazionale Preistorico Etnografico «L. Pigorini» di Roma, hanno permesso di identificare solo *Lepus corsicanus* e non già *Lepus europaeus*, come attribuito in precedenza.

Analoghe osservazioni preliminari compiute sui reperti del Pleistocene superiore di Melpignano (sempre nella penisola Salentina), rinvenuti in ventarole tipiche nella Formazione della Pietra Leccese (Iacoangeli, 1997), sono ugualmente ascrivibili a *Lepus corsicanus* anziché a *Lepus europaeus*. In tale contesto *Lepus corsicanus* sarebbe associato, tra l'altro, a *Oryctolagus cuniculus*, *Erinaceus europaeus*, *Meles meles*, *Lynx lynx*, *Vulpes vulpes*, *Canis lupus*, *Capreolus capreolus*, *Dama dama*, *Sus scrofae* anche *Homo neanderthalensis*.

La mammalofauna Pre-Neolitica della Sardegna (circa 9.000 anni fa) non comprendeva il Genere *Lepus*, ma solo quattro specie autoctone, che gradualmente si estinsero dopo l'arrivo dell'Uomo e delle specie introdotte (Azzaroli, 1980; Esu e Kotsakis, 1980; Vigne, 1992). Non vi sono indicazioni precise sul periodo di introduzione di *Lepus "capensis" mediterraneus*, né a quali popolazioni, probabilmente Nordafricane, si possa attribuire l'origine.

A seguito dei fenomeni di estinzione che hanno interessato questo gruppo, ora gli Ocotonidi che originariamente occupavano climi più caldi hanno attualmente una distribuzione legata alle aree continentali temperate dell'Asia (dal Kazakistan alla Siberia) e del Nordamerica (nelle montagne rocciose canadesi e nella parte settentrionale degli Stati Uniti).

I dati fossili e genetici riguardano le sequenze del DNA mitocondriale (Halanych *et al.*, 1999) suggeriscono che il genere *Lepus* si sia originato in Nordamerica e disperso velocemente nell'Eurasia.

2.2. Evoluzione del Genere *Lepus* in Europa

2.2.1. Tassonomia e distribuzione

Esistono vari fattori di incertezza che insieme concorrono a rendere, ancora oggi, poco conosciuti la tassonomia, l'evoluzione e la genetica del genere *Lepus*. Essi possono essere indicati come:

- la recente e rapida differenziazione del genere *Lepus*;
- l'elevato grado di variabilità intraspecifica osservato in specie ad ampia distribuzione come *L. capensis*;
- le traslocazioni e le introduzioni ad opera dell'Uomo effettuate in epoca storica;
- l'ibridazione tra le specie con caratteristiche eco-etologiche anche molto differenti come *L. europaeus* e *L. timidus*.

Storicamente in Italia e nelle maggiori isole mediterranee, sono stati riconosciuti 4 *taxa*: *L. europaeus*, *L. timidus*, *L. corsicanus*, *L. "c." mediterraneus*.

L. europaeus è la specie a maggior diffusione a livello continentale. La distribuzione, la consistenza e la composizione delle popolazioni locali della specie sono state notevolmente influenzate dall'opera dell'Uomo. Tale processo ha interessato anche il nostro Paese, dove originariamente la specie era distribuita in tutte le regioni centro-settentrionali con una sottospecie autoctona, *L. e. meridiei* (secondo la classificazione tradizionale).

Le traslocazioni di lepri comuni sono iniziate agli inizi del 1900, raggiungendo l'apice dopo la seconda Guerra mondiale, ed includendo vaste regioni dell'Italia centro-meridionale che sono ben oltre la distribuzione naturale della specie (Toschi, 1965).

Per conseguenza, si ritiene che le popolazioni autoctone della Penisola siano state rimpiazzate da popolazioni di *L. europaeus* di composizione genetica mista. In Sicilia, nonostante i massicci rilasci di *L. europaeus* effettuati nel corso degli ultimi decenni ed interrotti solo in anni recenti, non sono state individuate popolazioni di Lepre europea (l'unica forma presente sull'isola è *L. corsicanus*).

L. timidus è una specie adattata ad ambienti freddi, con distribuzione circumpolare e popolazioni isolate in Irlanda, Scozia e nelle Alpi. Tuttavia i reperti fossili indicano che, durante l'ultimo periodo glaciale, *L. timidus* ha avuto una distribuzione molto più ampia, occupando la maggior parte dell'Europa centrale e del Regno Unito.

Fossili di questa specie sono stati infatti rinvenuti anche nella Penisola Iberica, in associazione con fossili di *Oryctolagus*, in siti del Pleistocene superiore presumibilmente caratterizzati da clima temperato (Lopez Martinez, 1980). Oggi *L. timidus* è distribuito in Italia lungo tutto l'arco alpino, con popolazioni relativamente stabili; per meglio conoscere la variabilità genetica, la struttura di popolazione e soprattutto l'eventuale ibridazione di questa specie con *L. europaeus* si rendono necessarie approfondite analisi anche in quest'area.

Infatti, a seguito di introduzioni di *L. europaeus* effettuate nel XIX Secolo sono stati recentemente documentati diffusi fenomeni di ibridazione, introgressione genetica e competizione interspecifica nella parte meridionale della Svezia in Scandinavia, penisola Iberica, Russia ed altrove (Thulin *et al.*, 1997, Melo-Ferreira *et al.*, 2005, Waltari & Cook 2005, Thulin *et al.*, 1997, 2006, Melo-Ferreira *et al.*, 2007). Tali fenomeni hanno portato ad una restrizione dell'areale di *L. timidus* ed alla creazione di un'area di simpatria nella quale le due specie continuano ad ibridare.

L. corsicanus, è una specie endemica distribuita nell'Italia centro-meridionale ed in Sicilia, che è stata introdotta prima del XVI secolo in Corsica (Vigne, 1988).

Nel 1898 il naturalista inglese W. E. De Winton la descrisse come buona specie sulla base delle caratteristiche morfologiche di un individuo proveniente appunto dalla Corsica; questa tesi non fu però accettata e confermata da altri autori che invece classificarono questo *taxon* come una sottospecie di *Lepus europaeus* (Miller, 1912; Ellerman & Morrison-Scott, 1951; Toschi, 1965).

Per quasi tutto il secolo scorso è stata quindi trascurata l'identità tassonomica della forma "italica" di lepre; alcuni la ritenevano una semplice variante geografica di *L. europaeus*, altri, invece, una specie perduta e non più distinguibile a causa della competizione e dell'ibridazione con lepri europee, importate dall'Europa continentale e rilasciate in grossi contingenti nel nostro Paese per scopi venatori (Toschi, 1965).

Negli ultimi due decenni, circa, una revisione di reperti museali "storici" del genere *Lepus*, raccolti in Italia, ha riproposto la validità di questo *taxon* a livello specifico (Palacios, 1989; Palacios, 1996). La conferma definitiva di *Lepus corsicanus* come buona specie è molto recente e deriva da ulteriori analisi morfologiche (Riga *et al.*, 2001) e dalle moderne tecniche genetiche basate sul sequenziamento del DNA mitocondriale (Pierpaoli *et al.*, 1999).

La Lepre sarda (*L. capensis mediterraneus*), introdotta in Sardegna nel 16th secolo (Vigne, 1992), probabilmente origina da popolazioni nord Africane o Medio Orientali di *L. capensis*, specie ampiamente distribuita in Africa (Ellermann e Morrison-Scott, 1951; Toschi, 1965; Corbet, 1978; Amori, *et al.*, 1999; Spagnesi, 1999), benché inizialmente sia stata descritta come buona specie da Wagner (1841) e come tale accettata De Winton (1898) e da Miller (1912).

La tassonomia di questo taxon è ancora oscura (Suchentrunk *et al.*, 1998) e in anni recenti Palacios (1998), sulla base di valutazioni morfologiche, ha rivalutato la tesi della sua collocazione al livello specifico (*L. mediterraneus*), sostenendo altresì la similitudine con le lepri dell'Africa nord-occidentale, le quali a loro volta differirebbero sostanzialmente dal taxon della regione del Capo (*L. capensis*). D'altra parte la Lepre sarda risulta essere stata introdotta sull'Isola, molto probabilmente dal Nordafrica, considerato che il Genere *Lepus* non è autoctono del massiccio Sardo-corso (Azzaroli, 1980; Esu & Kotsakis, 1980; Vigne, 1992).

Analisi molecolari recenti (Alves *et al.* 2003; Pierpaoli & Randi, dati inediti), sembrano avvalorare l'ipotesi della distinzione tra le forme Nordafricane e Sudafricane di *L. capensis*, tuttavia il numero esiguo di campioni analizzati, così come le ridotte aree di campionamento, suggeriscono ancora cautela nell'accettare o rifiutare questa ipotesi, rimandando la soluzione del problema tassonomico ad un campionamento più esteso. In attesa, quindi, di poter realizzare ulteriori analisi morfologiche e molecolari di confronto tra campioni di Lepre sarda e campioni provenienti dal Nord e dal Sud Africa, si ritiene di poter conservare la classificazione tradizionale di *L. «c.» mediterraneus*.

Analogamente a quanto è avvenuto nella nostra Penisola, anche nella Penisola Iberica si sono verificate in passato erronee determinazioni tassonomiche dei taxa autoctoni: dalla individuazione di una singola specie (*L. capensis*) secondo Petter (1961), si è passati al riconoscimento di tre buone specie (*L. granatensis*, *L. castroviejoi*, *L. europaeus*) secondo Palacios (1983), confermate da analisi molecolari recenti (Alves *et al.*, 2003, Pierpaoli *et al.*, 2003).

Occorre considerare che le penisole Italica ed Iberica rappresentano le aree di maggiore diversità per quanto riguarda il numero di specie del Genere *Lepus* in accordo con le teorie biogeografiche, che individuano in queste penisole e nella Balcanica tre aree di rifugio glaciale. In conseguenza dei ripetuti fenomeni di isolamento causati dall'avanzamento delle coltri gelate nel corso dei ripetuti cicli di glaciazione, in queste tre aree si sono verificati fenomeni di isolamento e conseguente differenziazione allopatrica (Hewitt, 1996). In accordo con questo modello evolutivo, *L. corsicanus*, *L. castroviejoi* e *L. granatensis* rappresentano forme relitte originate da un antenato comune durante una prima fase di dispersione e di speciazione di *Lepus* in Europa.

2.2.2. Filogenesi e struttura del Genere *Lepus*

La distribuzione geografica della biodiversità, così come la conosciamo oggi in Italia ed in Europa, è stata ampiamente condizionata dalle vicende climatiche verificatesi nel corso del Pleistocene, quando ripetuti cicli glaciali ed interglaciali hanno favorito la diversificazione di popolazioni isolate in allopatria, con conseguenti eventi di speciazione e subspeciazione (Hewitt 2000).

Le comunità ecologiche e gli ambienti naturali, che si sono ricostituiti e diffusi in Europa a partire dall'inizio dell'Olocene, sono poi stati progressivamente alterati, ed in parte completamente distrutti, dall'espansione e dalle attività delle popolazioni umane. Gli impatti antropici indiretti (trasformazione degli ambienti naturali) e diretti (eradicazione, prelievo, traslocazioni) hanno eroso la diversità e modificato la struttura genetica di specie e popolazioni.

Per elaborare efficaci strategie per conservazione della biodiversità è importante ricostruire i processi storici, in parte naturali, in parte antropogenici, che hanno portato alla attuale distribuzione di specie, sottospecie e popolazioni. La catalogazione delle peculiarità genetiche delle popolazioni naturali costituisce una fonte di informazione ed uno strumento a sostegno degli interventi legislativi, delle azioni di conservazione, gestione ed uso sostenibile delle risorse naturali.

Tali azioni richiedono interventi attivi da parte delle amministrazioni competenti, come viene esplicitamente indicato dalle convenzioni internazionali, dalle direttive europee, dalla legislazione nazionale e regionale, e dai piani d'azione per la conservazione degli ambienti e delle specie. La diversità genetica, componente di base della biodiversità, possiede un valore intrinseco, condizionando i processi di selezione naturale ed adattamento delle popolazioni a condizioni ambientali sempre mutevoli.

L'addomesticamento ed il rilascio in natura di selvaggina allevata contribuisce, in alcuni casi ed in condizioni ecologiche particolari, alla diffusione di genotipi ibridi e di agenti patogeni, che possono interferire sulla dinamica delle popolazioni, e sono rilevanti anche per la salute umana.

Recenti indagini genetiche hanno mostrato come la zoologia tradizionale abbia talvolta sottovalutato la presenza di preziosi endemismi come *Lepus corsicanus* (Pierpaoli *et al.* 1999) ed il Capriolo italico (Randi *et al.*, 2004), *taxa* presenti attualmente con popolazioni frammentate che richiedono specifici interventi attivi di conservazione e gestione. La genetica delle popolazioni ed i recenti sviluppi delle metodologie di analisi del DNA hanno aperto possibilità impreviste per progetti di studio finalizzati alla conservazione ed uso sostenibile della biodiversità.

In particolare, i metodi di analisi filogenetica e la sistematica molecolare consentono l'identificazione di specie fino ad ora sfuggite alla zoologia tradizionale (ad es. *Lepus corsicanus*); la filogeografia consente la ricostruzione della storia naturale di sottospecie e popolazioni che hanno caratteristiche genetiche e tassonomiche uniche (ad es., le popolazioni di capriolo italico *Capreolus c. italicus*); l'analisi molecolare dell'ibridazione consente di identificare con certezza la presenza di ibridi in popolazioni naturali ed allevate (ad es., ibridazione in galliformi allevati a scopo di ripopolamento, ibridazione fra animali selvatici e domestici ferali, come nei casi del lupo e del gatto selvatico); infine le tecniche di genetica non-invasiva consentono di realizzare progetti di monitoraggio (censimenti genetici analisi della struttura delle popolazioni) in specie particolarmente elusive (ad es., orso bruno, lupo e lontra) che sono difficilmente studiabili usando approcci tradizionali.

La filogenesi e la genetica di popolazione del Genere *Lepus* sono state recentemente studiate attraverso il sequenziamento del Citocromo b (Cyb) e della regione di controllo (CR) del DNA mitocondriale (Pierpaoli *et al.*, 1999, 2003; Alves, 2003). I risultati delle analisi condotte sulla Regione di Controllo in *L. corsicanus* evidenziano un elevato grado di concordanza tra le relazioni genealogiche degli aplotipi e le località di campionamento, infatti individui campionati rispettivamente in Italia centrale, meridionale, Sicilia e Corsica mostrano aplotipi mitocondriali distinti e peculiari. Questi risultati indicano un significativo differenziamento tra popolazioni a livello genetico, con ridotti livelli di flusso genico tra le popolazioni geografiche.

Le sequenze identificate in *L. corsicanus* si raggruppano in un clade monofiletico, indicando che l'identificazione genetica è strettamente concordante con le classificazioni morfologiche.

Questa concordanza indica inoltre che *L. corsicanus* e *L. europaeus* in aree di simpatria e sintopia (spesso artificialmente create dai ripopolamenti) non condividono alcun genotipo mitocondriale, suggerendo un'assenza di ibridazione e di flusso genico fra le due specie.

I risultati delle analisi filogenetiche indicano quindi che *L. corsicanus* e *L. europaeus* hanno una lunga storia di evoluzione indipendente e sembrano essere riproduttivamente isolate in natura. Le seguenti considerazioni: distinti e diagnostici aplotipi mitocondriali; assenza di flusso genico mitocondriale; concordanza fra caratteri molecolari e morfologici (che sono fra di loro indipendenti), indicano che *L. corsicanus* è specie distinta. L'assenza di ibridazione e di flusso genico fra le tre specie di lepre è chiaramente confermata anche dall'analisi dei microsatelliti.

Il ritrovamento in Corsica di lepri (esemplari sospetti raccolti nel 1999-2001 da Christian Petri) caratterizzate da mt-DNA appartenente a *L. corsicanus* è di notevole interesse conservazionistico e gestionale. Infatti questi dati, avvalorati anche da osservazioni dirette di Scalera ed Angelici (2003), suggeriscono una rivalutazione dello *status* delle popolazioni corse e la necessità di studi sulla loro consistenza numerica.

L'analisi delle relazioni filogenetiche e delle distanze tra gli aplotipi della Corsica e gli aplotipi delle altre popolazioni italiane, indica nell'Italia centrale l'area di probabile origine delle popolazioni corse.

Lo studio della struttura di popolazione di *L. europaeus* è reso particolarmente difficile dall'impatto dei rilasci effettuati a scopo venatorio. La quasi totalità degli aplotipi mitocondriali individuati nei campioni di origine italiana è molto simile, o identica, ad aplotipi di origine centro europea. Questo risultato indica l'assenza di differenziazione delle attuali popolazioni italiane e contribuisce ad avvalorare l'ipotesi (da sottoporre a verifica attraverso l'esame genetico dei reperti storici) della sostituzione delle popolazioni autoctone da parte di popolazioni di composizione genetica mista.

In alcune località montuose appenniniche (M.te Cusna, Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise, Parco Nazionale del Pollino), probabilmente non molto interessate dai ripopolamenti, sono stati individuati alcuni campioni con aplotipi mitocondriali significativamente divergenti ed ancestrali rispetto al clade principale di *L. europaeus*.

Questi aplotipi potrebbero rappresentare le vestigia della sottospecie *L. e. meridiei*, probabilmente isolata durante l'ultima glaciazione e rimasta confinata sulle alture appenniniche. La scarsità dei campioni impone, tuttavia, una particolare cautela nell'interpretazione di questi dati.

Per quanto riguarda la Lepre sarda, la filogenesi mitocondriale indica un'origine comune ad antenati africani (unitamente a *L. habessinicus*, *L. starcki* e *L. europaeus*) e la presenza di due linee materne ben distinte; è da notarsi, tuttavia, che le località di campionamento non riflettono tale suddivisione, dal momento che campioni provenienti da aree vicine mostrano aplotipi appartenenti ad entrambe le linee.

La filogenesi mitocondriale (*cf.* fig. 1.1.) indica ulteriori punti oscuri nella storia evolutiva del genere *Lepus*, infatti gli aplotipi mitocondriali di alcuni campioni di *L. granatensis* e di *L. castroviejoi* si raggruppano all'interno del clade di *L. timidus* suggerendo così l'ipotesi di una antica ibridazione tra dette specie, seguita da introgressione.

Alves e coll. (2003), sequenziando il Citocromo b, hanno autonomamente confermato questi dati ed ottenuto evidenze di introgressione di mtDNA di *L. timidus* anche a carico di alcuni campioni di *L. europaeus* in Spagna.

Le evidenze di una antica introgressione, così come le prove dell'attuale ibridazione tra *L. europaeus* e *L. timidus* in Svezia (Thulin *et al.*, 1997), contribuiscono alla formalizzazione e all'applicazione al Genere *Lepus* di un modello evolutivo ad evoluzione reticolata, nel quale l'ibridazione e l'introgressione tra specie distinte giocano un ruolo fondamentale nella determinazione della variabilità genetica osservata.

I risultati di queste analisi indicano che *L. corsicanus*, *L. timidus*, *L. granatensis* e, probabilmente, *L. castroviejoi*, appartengono ad una linea evolutiva differente dalla linea evolutiva a cui appartengono la Lepre europea, Lepre sarda e le lepri africane. In base ad una calibrazione del tasso di evoluzione molecolare, queste due linee, che divergono per circa il 12% della sequenza del Citocromo b, potrebbero essersi separate circa tre milioni di anni fa, in accordo con i reperti fossili che documentano la prima presenza del genere *Lepus* in Europa nel Villafranchiano, cioè circa 2,5 milioni di anni fa (Lopez Martinez, 1980).

La divergenza genetica indica che le due linee mitocondriali potrebbero essere originate durante il periodo di transizione fra il Pliocene e il Pleistocene, cioè in una fase di grandi cambiamenti climatici che sono culminati con l'inizio delle glaciazioni. indica che le due linee mitocondriali potrebbero essere originate durante il periodo di transizione fra il Pliocene ed il Pleistocene, cioè in una fase di grandi cambiamenti climatici che sono culminati con l'inizio delle glaciazioni.

2.3. Le specie del Genere *Lepus* in Italia

2.3.1. *L. europaeus*

Distribuzione

La Lepre europea è specie caratterizzata da un vasto areale che in Europa si estende dai Pirenei e parte dei Monti Cantabrigi, fino agli Urali, con esclusione delle più elevate vette alpine, di buona parte della Fennoscandia e delle regioni più settentrionali della Russia a Nord del 60°parallelo.

La specie è presente in diverse isole del Mediterraneo (ad eccezione della Sardegna, della Sicilia e delle Baleari), mentre è assente in Islanda. In Asia la Lepre europea è presente in Transcaucasia, Asia Minore, Siria, Iraq e Palestina.

Essa è stata introdotta con successo in Irlanda, Svezia meridionale, Siberia sudoccidentale, parte meridionale della costa pacifica della Russia, Sudamerica tra il 28° ed il 45° parallelo Sud, Nuova Zelanda, Australia, in alcune regioni del Nordamerica (Canada orientale e Nordest degli U.S.A.), in diverse isole del Mare del Nord, nelle Barbados, nelle Falkland e nell'isola di Reunion. Anche nelle Isole Britanniche la specie sarebbe stata introdotta in epoca storica.

In Italia, attualmente, la Lepre europea è virtualmente presente in tutte le province peninsulari benché il suo areale storico interessasse la parte centro settentrionale del Paese.

È anche da rilevare, però, che l'accertamento della presenza sul monte Pollino di esemplari con aplotipi analoghi a quelli accertati anche nel Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise, nonché nell'alto Appennino reggiano, ma più antichi rispetto a quelli accertati nel resto della Penisola e nei Paesi esportatori di lepri da ripopolamento, lascia ipotizzare che *L. europaeus* potesse comunque occupare anche aree più meridionali lungo la catena appenninica.

La specie è stata introdotta all'Elba e a Pianosa, mentre formidabili tentativi (almeno 10.000 esemplari nell'arco di un ventennio, Lo Valvo *et al.*, 1997) di introduzione in Sicilia sono falliti. Si segnalano anche circoscritte iniziative di introduzione in Sardegna (es. Sant'Antioco), il cui esito è incerto.

Morfologia

Struttura generale del corpo slanciata e lateralmente compressa, con dorso arcuato ed elastico. Pelle delicata ricoperta da abbondante e soffice pelliccia di colore dominante fulvo-grigiastro (fig. 2.1.).

Testa ben distinta dal corpo, relativamente piccola e con parte facciale molto sviluppata. Occhi rotondi e grandi, in posizione laterale e leggermente sporgenti, con pupilla rotonda ed iride giallo-bruniccio. Orecchie più lunghe della testa con ampio padiglione ed estremità bordate di nero.

Arti posteriori molto robusti e più lunghi degli anteriori, estremità provviste di cuscinetto plantare formato da peli più duri, unghie arcuate e ben sviluppate.

Coda breve portata incurvata sulla groppa. Mammelle disposte in due file parallele in numero di tre paia: un paio pettorali e due paia addominali. Peso assai variabile nelle diverse sottospecie tradizionalmente descritte.



Figura 2.1. – Esemplare di Lepre europea

La tabella 2.1. riassume i valori di alcune misure e del peso di un campione di 50 esemplari adulti di Lepre europea (Riga *et al.*, 2001); nessuna differenza significativa è evidenziata tra i maschi e le femmine.

Misure	Valore medio \pm D.S.
Lunghezza testa-corpo (cm)	56,39 \pm 3,42
Lunghezza orecchio (cm)	10,27 \pm 0,53
Lunghezza coda (cm)	9,84 \pm 1,32
Lunghezza piede posteriore (cm)	14,03 \pm 1,07

Peso (kg)	3,44 ± 0,63
-----------	-------------

Tab. 2.1. - Misure e peso di esemplari adulti di Lepre europea

I denti incisivi sono privi di radici e a crescita continua limitata dall'usura; immediatamente dietro a quelli superiori, e da questi parzialmente nascosti, si trova un secondo paio di incisivi nettamente più piccoli.

A differenza dei coniglietti i leprotti nascono ad occhi aperti, ricoperti di pelo e sono in grado di muoversi autonomamente dopo poche ore dalla nascita, per cui la madre non prepara un vero e proprio giaciglio (fig. 2.2.).



Figura 2.2. - Leprotti di 1-2 giorni d'età rinvenuti in natura: una figliata eccezionale di 7 esemplari.

Alla nascita i leprotti hanno un peso medio di circa 110 g, ma il dato risente di vari fattori, tra cui quelli geografici, climatici e fisiologici, in relazione alla dimensione della figliata (Flux, 1967; Broekhuizen e Martinet, 1979).

Lo sviluppo dei leprotti è molto rapido. Anche il peso delle lepri adulte risente di numerosi fattori, tra cui quelli individuali, quelli geografici (seguendo la regola di Bergmann in Europa i pesi tendono ad aumentare procedendo da Sud-ovest verso Nord-est), quelli stagionali (nel corso del periodo riproduttivo sia i maschi che le femmine riducono le scorte di grasso, mentre i depositi adiposi si ricostituiscono nel periodo autunnale), quelli sanitari e in parte quelli tassonomici.

Nelle prime settimane di vita i leprotti hanno forme più raccolte rispetto agli adulti, con orecchie ed arti posteriori relativamente più brevi e testa proporzionalmente più grossa (fig. 2.3.).

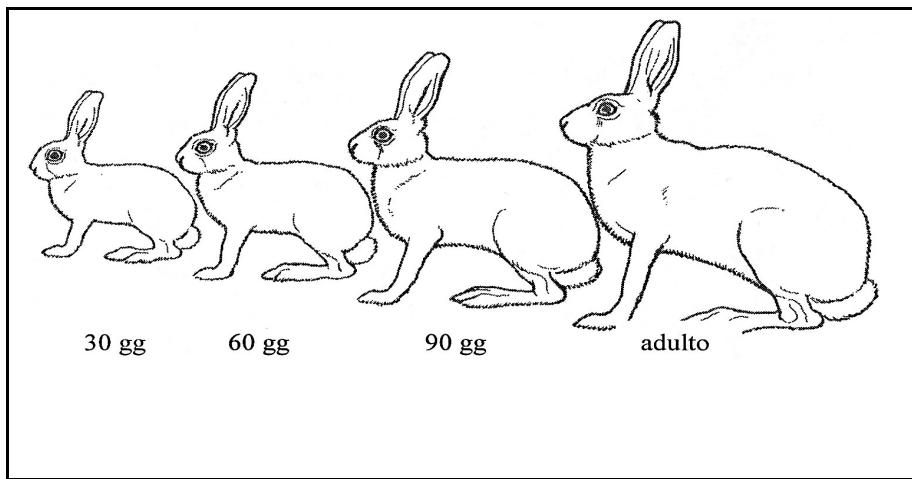


Figura 2.3. - Fasi di sviluppo nella Lepre europea (Spagnesi e Trocchi, 1993).

Il colore del mantello nei giovani è più finemente brizzolato nelle zone superiori del corpo, più grigiastro sui fianchi e grigio-biancastro nelle parti ventrali; nel giovane le tonalità bruno-rossicce dell'adulto risultano più tenui, in genere di color paglierino.

La pubertà delle giovani lepri è raggiunta tra i 5 e i 7 mesi nei maschi e tra i 6 e gli 8 mesi nelle femmine.

Per le varie fasi di sviluppo delle lepri si possono impiegare termini diversi:

leprotto: esemplare ancora soggetto alle cure materne;

giovane: esemplare in fase di crescita non ancora sessualmente maturo;

sub-adulto: esemplare sessualmente maturo di età inferiore all'anno, con mole paragonabile a quella dell'adulto.

adulto: esemplare di età pari o superiore all'anno.

Riconoscimento del sesso

Non si riconoscono con certezza i maschi dalle femmine sulla base dell'aspetto esterno; solo in limitati casi si possono riconoscere femmine gravide o allattanti.

La postura ed il comportamento non sono di norma elementi diagnostici affidabili per il comune osservatore. Benché sia una convinzione assai diffusa non trova ugualmente riscontro la distinzione dei sessi attraverso l'esame della forma delle feci.

L'esame degli organi genitali esterni è l'unico metodo per riconoscere il sesso di un individuo (fig. 2.4.); esso si può rilevare anche nei leprotti ma con qualche difficoltà negli esemplari più giovani.

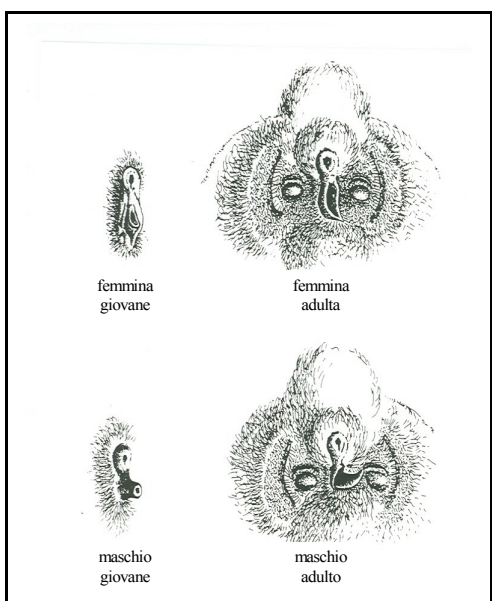


Figura 2.4. - Riconoscimento del sesso nella lepre giovane e adulta (Spagnesi e Trocchi, 1993).

Stima dell'età

Analogamente ad altri Mammiferi l'età delle lepri può essere espressa in classi annuali:

C0 < 12 mesi;

C1 di 1 anno compiuto;

C2 di 2 anni compiuti ecc.

Nelle lepri la stima dell'età è importante soprattutto ai fini della corretta gestione delle popolazioni (sostenibilità del prelievo); non di meno tale determinazione può corrispondere ad esigenze di studio o di mera conoscenza. Nella Lepre europea i metodi di stima dell'età sono diversi a seconda se l'esemplare è in vita (in mano o in natura) o è morto.

Fino all'età di circa tre mesi i giovani crescono molto rapidamente e in modo regolare, tanto che si possono distinguere dagli adulti anche a distanza. Oltre tale epoca, le trasformazioni sono via meno importanti e la variabilità individuale può mascherare le variazioni dovute all'età.

Per gli esemplari sub-adulti e adulti il peso non può essere ritenuto un criterio efficace per stimare l'età della lepre, ma nei primi mesi la stima risulta discreta e con un'approssimazione decrescente con l'età (Broekhuizen, 1971).

I principali metodi impiegati si basano sul grado di ossificazione delle ossa lunghe e sul peso secco del cristallino.

Le ossa lunghe (es. omero, radio, ulna ecc.) in fase di accrescimento possiedono alle loro estremità (tra diafisi ed epifisi) una parte cartilaginea (cartilagine di coniugazione) detta nucleo di ossificazione secondaria. Durante il periodo di accrescimento della lepre in questi punti si forma nuovo tessuto osseo necessario per il completo sviluppo scheletrico. Al termine di tale processo fisiologico la cartilagine di coniugazione è rimpiazzata da tessuto osseo, che inizialmente si presenta sotto forma di un callo osseo ed in seguito scompare per rimaneggiamento.

Nei giovani e in parte nei sub-adulti questa caratteristica è apprezzabile al tatto (o visivamente sull'esemplare morto incidendo la cute), in modo particolare (ma non esclusivo) a livello dell'epifisi distale dell'ulna (Broekhuizen, 1971). In questo punto (denominato tubercolo di *Stroh*) fino all'età di 7 mesi circa è presente la cartilagine di coniugazione, che in seguito scompare lasciando un callo osseo fino all'età di 8 - 9 mesi

La precisione del metodo può superare il 90% se la palpazione è eseguita entro la fine del mese di settembre (tutti gli animali sono di età non superiore a 8 mesi); in seguito il margine di errore aumenta gradualmente: a novembre si ritiene possa essere orientativamente del 16%, a dicembre del 24% e a gennaio del 57%.

Il cristallino dell'occhio è un organo che aumenta di peso per tutta la vita della lepre e, soprattutto, nella fase giovanile il suo peso secco è un valido indicatore dell'età. Vari studi hanno contribuito allo sviluppo di questo metodo di stima nei Leporidi ed alla definizione di curve di referenza partendo da esemplari di età nota. In genere il metodo consente di stimare con buona attendibilità l'età degli esemplari dell'anno, di discriminarli rispetto agli adulti e di determinarne la data di nascita conoscendo il giorno del decesso (Friend, 1967; Myers e Gilbert, 1968; Broekhuizen, 1971; Andersen e Jensen, 1972; Broekhuizen e Martinet, 1979; Suchentrunk *et al.*, 2003). Ulteriori metodiche di stima dell'età, utili a fini di studio sono:

la verifica del grado di ossificazione delle suture del cranio utilizzabile per definire classi d'età avendo a disposizione solo questa parte scheletrica;

lo studio delle le linee annuali di arresto dell'apposizione secondaria dell'osso (ad es. nella mandibola), che consentono di determinare l'età negli esemplari adulti con buona attendibilità (Frylestam e von Schantz, 1977).

Preferenze ambientali

La Lepre europea è specie relativamente plastica per quanto concerne la scelta dell'habitat. Originaria delle steppe euro-asiatiche la specie si è bene adattata agli ecosistemi agricoli, ove l'elevata produttività le consente di raggiungere densità di oltre 100 esemplari per km².

Soprattutto negli ambienti agricoli tradizionali, caratterizzati da coltivazioni miste (polyculture in rotazione), la lepre ha trovato opportunità di incremento delle popolazioni molto maggiori rispetto alle steppe originarie o alle aree pastorali

Un'indagine realizzata in Gran Bretagna da Tapper e Parsons (1984) ha evidenziato chiaramente come il numero medio di lepri abbattute per km² sia positivamente correlato con la percentuale di superficie arativa del territorio.

Risulta, in particolare, come l'abbondanza (carnieri) della lepre sia positivamente correlata con la fertilità del terreno, con la coltivazione del frumento, dell'orzo, della patata e della barbabietola. Per contro, l'altitudine ed i boschi sono correlati negativamente con l'indice di abbondanza della specie. La Lepre europea si spinge in montagna fin verso i 2.000 - 2.100 metri s.l.m. sulle Alpi, dove al di sopra dei 1.500 metri può vivere in simpatria con la Lepre bianca, e fino a 2.500 - 2.600 metri circa sull'Appennino.

In sintesi, la Lepre europea è legata agli ambienti aperti ed in particolare a quelli agricoli tradizionali, con appezzamenti di modeste dimensioni e coltivazioni miste in rotazione. La presenza dei boschi può essere tollerata se percentualmente non elevata (fino al 30% circa dell'area) e se in formazioni non compatte (preferibilmente di latifoglie e con sottobosco anche erbaceo).

Di norma l'idoneità dell'ambiente tende a ridursi man mano si sale in altitudine, sia per l'aumentare dell'estensione dei boschi, sia per la riduzione della fertilità del suolo che influisce, assieme al clima, sulle scelte colturali teoricamente possibili. Le aree pastorali (pascoli e prati permanenti) sono sostanzialmente assimilabili alle steppe e come in queste le densità delle popolazioni di lepre non raggiungono valori elevati.

E' da notare, inoltre, come le lepri preferiscano frequentare i pascoli “migliorati” o gli appezzamenti seminati con specie foraggere coltivate, rispetto alle praterie naturali, soprattutto se non pascolate regolarmente. Una buona conoscenza delle preferenze ambientali della lepre è peraltro indispensabile per realizzare efficaci interventi di miglioramento ambientale.

Dalla metà del 1900 l'evoluzione subita dalle aree agricole dell'Europa occidentale (incremento della dimensione media degli appezzamenti, forte incremento della meccanizzazione colturale, largo impiego di pesticidi, specializzazione colturale, abbandono delle aree marginali) per assecondare le mutate esigenze economiche e le più moderne tecnologie di coltivazione, ha però comportato un generalizzato peggioramento della qualità dell'*habitat* della Lepre europea (riduzione della diversità ambientale e della ricchezza delle componenti ecologiche per unità di superficie) ed il conseguente declino delle sue popolazioni in varie regioni e Paesi europei.

Alimentazione, apparato digerente e processo digestivo

La Lepre europea è strettamente erbivora e la dieta si basa soprattutto sul consumo di *Poaceae* (*Graminaceae*), spesso coltivate, ma in estate le *Viciaceae* (tra cui *Trifolium* sp., *Medicago* sp., *Vicia* sp.) le *Asteraceae* (soprattutto *Taraxacum officinale*) costituiscono una componente importante anche se non predominante.

Studi compiuti in Inghilterra (Tappers & Barnes, 1986) dimostrano che la Lepre europea frequenta raccolti differenti a seconda del loro sviluppo stagionale. I campi di cereali sono preferiti in primavera-estate, quando non è ancora iniziata la raccolta e la vegetazione fornisce sia alimentazione che rifugio.

L'importanza delle Poacee nella dieta è stata accertata anche nelle aree steppiche dell'Est europeo, dove nel periodo invernale, a causa della copertura nevosa, le lepri consumano anche erbe secche, cortecce e germogli di piante arboree ed arbustive (Fadejev, 1966). Analogamente, Piasentier *et al.* (1997) studiando la dieta primaverile (marzo) della specie in un'area ad agricoltura intensiva della provincia di Ravenna, attraverso l'analisi delle cere cuticolari (*n*-alcani), indigeribili, delle piante consumate, hanno riscontrato:

un'alta proporzione del frumento (*Triticum aestivum*), dal 40 al 58% della sostanza organica digeribile;

una consistente proporzione di Graminacee spontanee (in particolare le Poacee), dal 19 al 45% della sostanza organica digeribile;

una buona presenza di Dicotiledoni spontanee (soprattutto i generi *Trifolium*, *Taraxacum* e *Rumex*);

la presenza di corteccia di piante arboree (in particolare residui di potatura).

In autunno una componente importante della dieta è data dai semi (è da notare che in questo periodo le lepri debbono ricostituire le scorte adipose depauperate nel corso del periodo riproduttivo) e da radici (soprattutto di barbabietola). Homolka (1983) sottolinea l'importanza delle piante arboree ed arbustive nella dieta invernale, tanto che, in presenza di neve, questa componente può contribuire fino al 70%. I Generi preferiti sono numerosi, tra cui *Malus*, *Pirus*, *Salix*, *Crataegus* e *Populus*, *Robinia*, *Quercus*, *Pinus*, *Fraxinus*, *Tilia* ecc..

Tale abitudine alimentare, che in certi casi si manifesta anche in primavera, negli ecosistemi agricoli ove si pratica la frutticoltura, può determinare seri problemi economici, soprattutto se le lepri non hanno valide alternative di piante spontanee. Esse scortecciano le piante sino ad un'altezza di circa 70-75 cm dal suolo, lasciando le impronte dei denti orientate in modo caratteristico parallelamente al terreno.

In assenza di neve nella stagione invernale la dieta si basa normalmente sulle specie erbacee. Analoghi risultati sono stati riferiti da Flux (1967) per la Nuova Zelanda.

Negli ecosistemi agricoli i cereali autunno-vernini ricoprono un ruolo fondamentale nella dieta (da ottobre ad aprile) e sono molto importanti anche per la sopravvivenza invernale delle lepri.

La dieta della Lepre europea si basa su poche specie prevalenti consumate in grande quantità, tuttavia, la gamma di specie consumate è relativamente ampia (Papilionacee, Composite, Crucifere, ecc). In estate Homolka (1983) ne ha accertate 111. Sfougaris *et al.* (2003), studiando la dieta autunno-invernale della lepre in Grecia, hanno identificato ben 181 *taxa*, tra i quali le Poacee erano le più rappresentate: in particolare i Generi *Poa* (11,8%), *Bromus* (9,1%), *Festuca* (7,2%), *Lolium* (2%) e *Triticum* (1,2%). Altri Generi importanti della dieta sono risultati *Euphorbia* (13,6%), *Trifolium* (6%), *Medicago* (3,3%), *Viscum* (2,1%), *Cerastium* (1,2%); sono stati segnalati anche frutti e germogli di piante arbustive.

Homolka (1987), analizzando la dieta della Lepre europea e del Coniglio selvatico è pervenuto alla conclusione che queste specie presentano nicchie trofiche simili per gran parte dell'anno e sono quindi in competizione ecologica tra loro. All'età di 10-12 giorni i leprotti integrano l'alimentazione lattea con i primi cibi vegetali.

Mediamente il quantitativo giornaliero di vegetali consumati da una lepre adulta corrisponde a circa 145 gr di sostanza secca, ma esso può aumentare nel caso in cui l'alimento sia poco energetico e ricco di fibra grezza, nonché nelle femmine in lattazione. In condizioni controllate (cattività) si stima che la razione energetica di mantenimento nel periodo primaverile-estivo per esemplari adulti sia di circa 122 Kcal per chilogrammo di peso vivo dell'esemplare (Spagnesi e Trocchi, 1992), mentre nel periodo invernale questa risulta di circa 160 Kcal (Myrcha, 1968).

Le necessità idriche delle lepri sono in gran parte soddisfatte dall'acqua presente negli alimenti, tuttavia, il fabbisogno d'acqua è assai influenzato dal tipo di alimentazione e dal periodo dell'anno.

Nelle lepri in generale, mammiferi notoriamente monogastrici, la struttura e la funzione dell'apparato digerente è quella tipica degli erbivori scatofagi. Lo stomaco, una dilatazione sacciforme relativamente piccola a forma di fagiolo, tramite la produzione del succo gastrico (enzimi, acido cloridrico) svolge una prima azione digestiva del cibo ingerito.

Nell'intestino, canale muscoloso-membranoso molto lungo, si svolge la parte più importante della digestione ad opera della bile, del succo pancreatico e del succo enterico; in esso inoltre avviene in cospicua misura l'assorbimento dei prodotti della digestione.

Il crasso secondo, è costituito da un cieco molto sviluppato e da un sottile prolungamento, chiamato *processus vermiformis* (processo vermiforme). La parte terminale dell'intestino crasso è il retto, che, tramite l'ano, si apre all'esterno.

La proprietà più rilevante e singolare del processo digestivo della lepre è rappresentata dalla scato-fagia fisiologica o ciecotrofia, che consiste nel duplice passaggio di gran parte degli alimenti attraverso il tubo digerente. Tale particolarità è comune all'intero ordine dei lagomorfi, presso i cui rappresentanti si verifica-no due emissioni fecali.

Oltre ai noti escrementi secchi di forma rotondeggiante (con diametro di poco inferiore al centimetro) questi animali producono caccarelli rotondi e molli, ricoperti di muco detti ciecotrofi, che vengono ingeriti senza masticazione appena espulsi dall'ano. Infine sono espulse le fatte secche. Questa peculiarità del processo di digestione è permessa dal grande svi-luppo dell'intestino cieco (la sua capacità è 6-12 volte quella dello stomaco) che può contenere una grande quantità di cibo; il contenuto ciecale rappresenta un ambiente ideale per lo sviluppo batterico, che comprende batteri anaerobici, ureo-litici, proteolitici e cellulositici.

Il cieco, dotato di pareti bozzellate, è percorso da onde peristaltiche in en-trambi i sensi, che contribuiscono alla suddivisione del contenuto intestinale. Si ha così la separazione dei componenti fibrosi da quelli non fibrosi: le onde peristalti-che sospingono le particelle più grosse verso il colon distale ove si formano le feci dure, ovvero quelle definitive (fig. 2.5.).

I movimenti antiperistaltici respingono, invece, le particelle fini e i liquidi verso il cieco, permettendo così l'attacco della microflora fermentante. Si originano così acidi grassi volatili (acido acetico, propionico, butirrico) che vengono assorbiti dalle pareti del cieco e che forniscono il 10-30% dell'energia necessaria per il mantenimento dell'animale.

Le frazioni di alimento e i corpi microbici concorrono alla formazione dei ciecotrofi. I ciecotrofi sono ricchi in proteine, vitamine ed acqua, ma poveri in fibra; il loro valore nutritivo è perciò considerevole. L'attività alimentare della lepre è più intensa nel corso della notte, durante la quale si evidenziano 10-15 fasi alternate di consumo di cibo e acqua, con un picco di intensità tra le 23 e le 2 del mattino.

La scatofagia, spesso chiamata “pseudo-ruminazione” consente, tra l’altro, una migliore utilizzazione delle proteine fornite dai foraggi; inoltre l’ingestione degli escrementi ciecotrofici, rifornisce l’organismo di vitamine del gruppo B, della vitamina C e dei prodotti della degradazione della cellulosa.

Nei periodi avversi, ovvero durante forzati periodi di digiuno, ma anche nella disponibilità di soli alimenti ricchi di fibra in presenza di un’alimentazione ricca di fibra, la scatofagia sembra svolgere una funzione di vitale importanza.

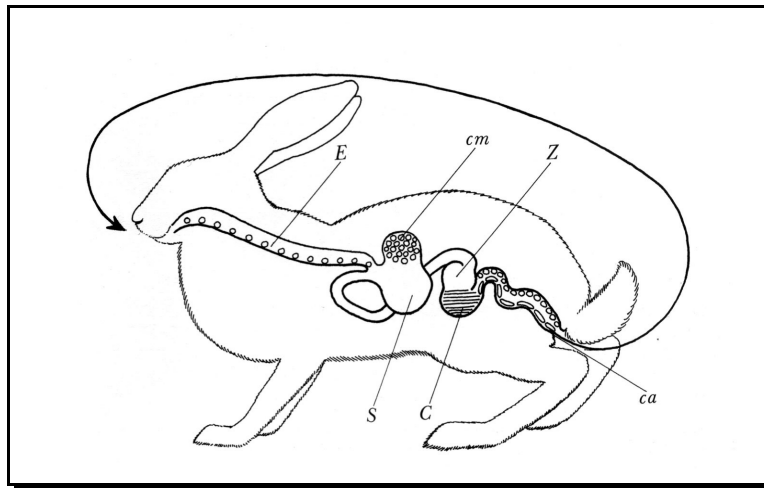


Figura 2.5. – Schema della circolazione del contenuto ciecale attraverso l'apparato digerente.

E: esofago; S: stomaco; C: cieco; cm: ciecotrofi; Z: zona di formazione dei ciecotrofi; ca: fatte definitive. (Spagnesi e Trocchi, 1992).

Riproduzione

La durata della stagione riproduttiva di *L. europaeus* si protrae in genere da febbraio a settembre, con un massimo dell'attività sessuale in primavera. La lunghezza della stagione riproduttiva della Lepre europea risulta regolata dal fotoperiodo, più che dalle condizioni climatiche.

La fecondità dei maschi è influenzata dal fotoperiodo, iniziando ad aumentare all'inizio dell'inverno, dopo la diapausa autunnale, giungendo al culmine alla fine della primavera. Da luglio si osserva una rapida flessione della fertilità fino a raggiungere livelli molto bassi nella seconda metà di agosto.

Il maschio nel corso della stagione riproduttiva è pressoché costantemente idoneo alla riproduzione, mentre la femmina lo diventa solo in determinati momenti, cioè durante l'estro. Il ciclo estrale non è regolare e la femmina resta in calore fintanto che non si verifica l'accoppiamento o, nel caso questo non si realizzi, per un lasso di tempo piuttosto lungo.

L'epoca della maturità sessuale è spesso indicata in 5-6 mesi (sia nei maschi che nelle femmine), tuttavia, Bray (1998) ha calcolato che le femmine più precoci possono essere fecondate già a 3-4 mesi d'età ed è pertanto possibile che i soggetti nati in primavera si accoppino in estate (circa il 14% del totale, ovvero circa il 50% delle femmine nate entro aprile).

Caratteristica della femmina è quella di possedere un utero doppio, con due distinte cervici uterine, che formano entrambe un vero utero, e si uniscono alla congiunzione con la vagina

L'ovulazione, provocata dall'accoppiamento, si verifica 12-15 ore dopo il coito. Gli ovuli fecondati lentamente discendono fino all'utero e allo stadio di blastocisti s'impiantano nella parete uterina a partire dal sesto giorno seguente l'accoppiamento, ovvero due giorni dopo che la morula ha raggiunto l'utero. La placenta, di forma discoidale, è del tipo emo-sindesmocoriale, stabilendo quindi un rapporto piuttosto stretto tra madre e figlio; in conseguenza di ciò alla nascita sulla parete uterina rimangono evidenti segni del distacco delle singole placente, evidenziabili anche dopo mesi dal parto (cicatrici uterine) ed utili per studiare la biologia riproduttiva della specie.

Naturalmente non tutti gli embrioni ed i feti impiantati sull'utero giungono a termine della gravidanza, una parte va incontro ad un processo di riassorbimento, rispetto al quale si è ipotizzato un significato di regolazione interna della fecondità della specie (per adattarla a condizioni eco-etologiche sfavorevoli), ma di ciò non sussistono ancora prove sufficienti. Anche l'entità della mortalità prenatale nella Lepre europea non è ancora ben chiara; alcuni studi indicano valori del 10 - 25% (Raczynsky, 1964; Flux, 1967).

Le prime nascite avvengono già alla fine di gennaio, ma avverse condizioni climatiche possono determinare un'elevata mortalità dei leprotti, soprattutto nelle regioni settentrionali e montane. Se si considera che i primi nati della stagione possono riprodursi già in estate, l'andamento climatico tra la fine dell'inverno e l'inizio della primavera può rivelarsi determinante per il successo riproduttivo di una popolazione di lepre.

Il numero delle nascite è massimo tra aprile, maggio, giugno e la metà di luglio, poi decresce rapidamente fino alla prima decade di ottobre. Non è nota l'eventuale influenza del clima estivo sulla riproduzione della specie nelle regioni con clima di tipo mediterraneo. Il periodo di riposo sessuale è relativamente breve (circa 60-70 giorni), essendo compreso tra ottobre e dicembre.

Il numero medio di leprotti per parto è soggetto a variazioni evidenti nell'arco della stagione riproduttiva e con il susseguirsi delle gravidanze, con un progressivo e generale incremento fino all'inizio dell'estate ed una successiva flessione.

Analizzando una serie di dati riportati in letteratura, si constata che la media annua dei leprotti nati vivi per parto in allevamento risulta mediamente di 2,4, estremi 2,02 - 2,9. La variabilità del dato è evidentemente legata a numerosi fattori, tra cui la diversa proporzione di femmine giovani nel campione.

A questo proposito appare interessante quanto stimato da Bray (1998) nel corso di uno studio sulle cicatrici uterine nell'ambito di un campione di lepri abbattute, ovvero un valore medio di 2,7 (da 1 a 6) cicatrici per gravidanza nelle femmine adulte e di 1,9 (da 1 a 4) nelle giovani.

Ancor più variabile è il numero medio di gravidanze, che risulta in relazione alla qualità dell'ambiente e alle condizioni climatiche; in popolazioni dell'Europa centrale sono segnalati valori di 3-4 parti all'anno (Pielowski, 1976), in Nuova Zelanda di 4,59 (Flux, 1967), mentre nei territori estremi della Patagonia tale parametro si riduce a solo 1,77 parti (Amaya *et al.*, 1979). Il citato studio di Bray (Francia) ha stimato un valore medio di 5 (da 1 a 7) gravidanze per femmina adulta e di 1,9 (da 1 a 4) per le giovani riproduttrici.

Il numero di leprotti prodotti annualmente per femmina può essere stimato entro valori di 7,8 - 11,3 e risente sia delle diverse condizioni ecologiche e demografiche che coinvolgono le popolazioni studiate, sia dei diversi metodi d'indagine (Raczynski, 1964; Flux, 1967; Pepin, 1989; Bray, 1998).

La Lepre europea ha quindi un potenziale riproduttivo elevato, una condizione che è necessaria ad un erbivoro di medie dimensioni soggetto ad un forte impatto predatorio da parte di numerose specie di carnivori.

Demografia e dinamica delle popolazioni

La demografia della Lepre europea può essere studiata attraverso l'analisi di una serie di parametri (densità, natalità, mortalità, immigrazione, emigrazione o dispersione) inerenti la struttura delle popolazioni e la loro dinamica spazio-temporale. Naturalmente questi parametri sono influenzati dalle caratteristiche ecologiche dell'habitat, da fattori comportamentali, nonché da variabili caratterizzate da una forte componente stocastica (clima, patologie ecc.).

Gli studi demografici sono peraltro fondamentali per determinare i criteri per una corretta conservazione e gestione delle popolazioni di Lepre europea. Da tempo vari studi sono stati avviati in questo settore, sia per la messa a punto delle metodiche d'indagine (ivi compresa la definizione di modelli matematici in grado di descrivere la dinamica delle popolazioni), sia per studiare le cause del declino generalizzato che da oltre 30 anni caratterizza le popolazioni di lepre in molti Paesi europei, tra cui soprattutto quelli occidentali.

L'analisi della struttura delle popolazioni di Lepre europea può essere attuata nell'ambito di studi attraverso operazioni di cattura e marcaggio degli esemplari; più spesso, nell'ambito di attività di gestione, queste indagini vengono realizzate su campioni di esemplari abbattuti nel corso dell'attività venatoria o catturati per fini di ripopolamento. In tale contesto è essenziale la determinazione della *sex ratio* e dell'*age ratio* sulla base dei criteri esposti. Un'analisi della struttura dei carnieri di lepre può fornire informazioni importanti sulla condizione delle popolazioni; ove il campione sia esaminato in una fase iniziale della stagione venatoria, può consentire di verificare il "successo riproduttivo della popolazione" (inteso come rapporto giovani/adulti) e di perfezionare di conseguenza un piano di abbattimento. Un'analisi retrospettiva può essere utile per:

indagare le possibili cause all'origine del rapporto giovani/adulti accertato (caratteristiche ecologiche di un determinato habitat, eventi climatici e/o patologici deleteri, impatto di pratiche agricole sfavorevoli soprattutto per la sopravvivenza dei giovani, ecc.);

accertare la struttura della popolazione per classi d'età e di sesso;

valutare informazioni e dati di tipo autoecologico (e sanitario) in relazione all'età ed al sesso degli esemplari.

Alla nascita le lepri presentano una *sex ratio* (M/F) sostanzialmente paritaria, ad esempio di 1,07 su un campione di 690 feti esaminati (Fraguglione, 1961; Raczynski, 1964; Flux, 1967). Dati raccolti nel corso delle operazioni di cattura nelle province di Bologna e Mantova indicano una *sex ratio* di 0,93 ($\pm 0,1$; *range* annuale: 0,83 - 1,12; n = 26.520).

Su esemplari catturati Pépin (1981) riporta un valore accertato sostanzialmente paritario (0,98), così come Tonolli *et al.* (2002) per carnieri realizzati nell'arco di 5 anni in provincia di Trento. Burrini *et al.* (1997) hanno, invece, accertato una *sex ratio* leggermente a favore delle femmine (0,91) in carnieri di lepri della provincia di Siena (n. 639), con una differenza legata all'età (0,82 tra gli esemplari adulti e 0,96 tra i giovani). Dati analoghi riferiti ad un territorio di pianura in provincia di Bologna (n. 746) hanno, per contro, evidenziato un rapporto sessi a favore dei maschi (1,35).

Le popolazioni di lepre sono caratterizzate da forti fluttuazioni spazio-temporali (Andersen, 1957; Broekhuizen, 1979; Pépin, 1989). La loro dinamica si basa su un elevato tasso di rinnovamento, benché meno accentuato rispetto a quello che caratterizza molti "micromammiferi" (tra cui i Roditori). In altri termini, nell'ambito del cosiddetto *continuum r-K* (Krebs, 1986) i Lagomorfi presentano strategie riproduttive intermedie.

In generale si ritiene che il tasso di accrescimento λ risenta della durata media delle generazioni T (Lebreton e Clobert, 1990):

nelle specie in cui T è inferiore a 2 anni, le variazioni di λ dipendono soprattutto dal reclutamento (natalità e immigrazione) delle popolazioni;

nelle specie in cui T è superiore a 2 anni, le variazioni di λ dipendono soprattutto dalla sopravvivenza degli adulti.

La Lepre europea, che presenta una durata delle generazioni (T) di circa 2 anni (a volte inferiore), si colloca in una posizione "intermedia" rispetto alle componenti determinanti il tasso di accrescimento λ , ma più vicina al primo caso in quanto si osservano più spesso variazioni dei parametri di reclutamento, piuttosto che di sopravvivenza degli adulti (Marboutin e Peroux, 1995).

La densità delle lepri sul territorio è assai variabile, sia su scala locale (la distribuzione è di tipo "aggregato"), che più in generale, come conseguenza di numerosi fattori ambientali, sociali e gestionali. Per queste ragioni non è semplice stimare la capacità portante del territorio e soprattutto prevedere l'evoluzione di una popolazione di Lepre europea.

Le densità possono variare da meno di 1 esemplare a oltre 250 esemplari / 100 ettari, con forti fluttuazioni da un anno all'altro. In Italia differenze marcate di densità si registrano tra le regioni centro-settentrionali, quelle centrali e quelle meridionali, potendosi constatare come la densità e la consistenza delle popolazioni di lepre si riduca da Nord verso Sud, anche all'interno delle aree protette. Densità molto buone, con punte elevate, si osservano soprattutto nelle zone di ripopolamento e cattura della Pianura Padano-veneta, mentre nelle aree ove è consentito il prelievo venatorio le densità di fine caccia sono di norma inferiori ad un capo per 100 ettari e spesso comprese tra 0 e 0,5 capi per 100 ettari (fanno eccezione certe aziende faunistico-venatorie e le riserve di caccia del Friuli Venezia-Giulia).

In conseguenza delle consistenti immissioni effettuate a fini di ripopolamento, ma soprattutto della dispersione naturale di esemplari dalle aree protette, nelle aree aperte all'esercizio venatorio si constatano, paradossalmente, densità di fine inverno normalmente più elevate di quelle osservabili al termine della stagione venatoria.

In Italia non sono ancora disponibili studi inerenti l'idoneità dell'ambiente per la Lepre europea, ma la sua distribuzione storica e i sostanziali fallimenti delle massicce immissioni effettuate in tutte le regioni meridionali (Sicilia compresa), inducono a ritenere che essa incontri importanti limiti ecologici nei territori a clima mediterraneo.

Benché la longevità individuale possa raggiungere normalmente i 6 anni (eccezionalmente fino a 12), le lepri sono soggette a numerosi fattori di mortalità naturali e artificiali. Tra i fattori naturali vi sono le malattie, le avversità climatiche e la predazione, spesso in relazione tra loro e con la qualità dell'*habitat*. Rispetto a questi fattori le popolazioni di lepre e gli individui stabiliscono delicate forme d'equilibrio (es. "predatore-preda", "ospite-parassita" ecc.), che eventi climatici eccezionali e una non corretta gestione possono pesantemente alterare. In tale contesto si colloca anche la comparsa di nuovi agenti patogeni, introdotti ad es. con le lepri di ripopolamento importate da aree geografiche assai distanti.

Tra questi la diffusione dell'E.B.H.S.V. (virus dell'*European Brown Hare Syndrome* o Epatite virale della lepre) negli anni Ottanta del Secolo scorso, ha sicuramente determinato gravissime conseguenze sulle popolazioni di Lepre europea (paragonabile alla diffusione della mixomatosi e della Malattia emorragica virale nel Coniglio selvatico), rispetto alle quali solo da pochi anni, in una fase ormai di endemizzazione dell'infezione, si registra una certa ripresa. Le lepri ospitano tutti numerosi parassiti (tra i quali sono importanti soprattutto quelli dell'apparato digerente e respiratorio), che solo in determinate circostanze possono divenire causa di morte.

La predazione è una importante causa di mortalità soprattutto per i leprotti. La Volpe rappresenta il predatore più importante per la specie, anche in considerazione della sua ampia distribuzione e densità relativa. Altri predatori sono il Lupo, alcuni Mustelidi, il Gatto selvatico, l'Aquila reale, il Gufo reale, la Poiana, l'Albanella reale, il Falco di palude ecc.; per ognuno di questi va, tuttavia, considerata la frequenza (a volte la rarità), lo spettro alimentare prevalente, gli ambienti frequentati e, soprattutto, il ruolo ecologico che rivestono, anche nel mantenimento degli equilibri già ricordati. Predatori occasionali sono alcuni Corvidi, il Cinghiale ed il Tasso.

La mortalità è elevata soprattutto tra i giovani e le perdite possono essere molto consistenti ancora prima dell'apertura della caccia, per cui un'attenta gestione deve valutare attentamente questo fondamentale fattore demografico, al fine di adeguare di conseguenza il prelievo venatorio. Diversamente il rischio è di intaccare il patrimonio dei riproduttori e, quindi, di dare origine ad una fase regressiva delle popolazioni.

La meccanizzazione agricola può rappresentare localmente un fattore di mortalità molto importante, ad esempio in Polonia è stato stimato che sia imputabile a questa causa una perdita media del 15% dell'incremento annuo. Le condizioni climatiche sembrano rivestire un ruolo rilevante nella dinamica delle popolazioni di Lepre. In Danimarca sono stati rilevati effetti negativi delle precipitazioni nei mesi di giugno e luglio sulla sopravvivenza dei leprotti.

In Polonia sono state osservate correlazioni positive tra la densità autunnale delle lepri ed il rapporto precipitazioni di giugno/precipitazioni di aprile.

In Germania nel periodo 1956-87 è stata osservata una forte correlazione tra la dinamica annuale dei carnieri e le condizioni climatiche nei mesi di luglio e agosto (Nyenhuis, 1990). Anche la persistenza del manto nevoso e le temperature medie durante l'inverno sono direttamente correlate alla mortalità invernale delle lepri, che si traduce in una minore produttività della specie l'anno successivo.

La mortalità invernale appare comunque piuttosto variabile sia localmente sia in anni successivi. In Italia sono state riscontrate mortalità invernali medie del 25% (Verdone *et al.*, 1991). In Francia sono state evidenziate correlazioni tra la quantità totale delle precipitazioni annue e i carnieri di Lepre realizzati tra il 1950 ed il 1971.

Le condizioni climatiche possono inoltre svolgere un ruolo rilevante per quanto riguarda l'incidenza di malattie infettive o parassitarie, un fattore di mortalità che può assumere in talune circostanze un'importanza non trascurabile.

Il tasso di mortalità degli adulti durante la stagione riproduttiva sembra invece essere un parametro meno variabile rispetto al precedente, attestandosi nei vari studi condotti attorno al 10-20% (cfr. Spagnesi e Trocchi, 1992). Un fattore non trascurabile di mortalità si può individuare nello sviluppo della rete viaria, che genera conseguenze negative, in particolare un maggior numero di decessi dovuti ad investimenti (Prigioni e Pelizza, 1988) e l'aumento del bracconaggio.

La mortalità dovuta al traffico automobilistico in certi casi può raggiungere il 6% della consistenza della popolazione, in altri può rappresentare fino all'11% della mortalità complessiva.

Comportamento

Sebbene la Lepre europea sia considerata solitaria, in realtà la sua distribuzione nel territorio è di tipo "aggregato" anche quando presente con densità molto basse. Essa tende a "raggrupparsi" in determinati settori più favorevoli dal punto di vista ambientale, ma anche allo scopo di organizzare una minima struttura sociale necessaria per la sopravvivenza della popolazione locale.

Le relazioni sociali si sviluppano normalmente di notte e nelle aree di pascolo, dove la presenza di più esemplari consente di spendere meno tempo per l'attività di vigilanza a vantaggio del tempo dedicato all'alimentazione ed alle relazioni sociali vere e proprie. Di norma non si osserva una difesa attiva delle risorse alimentari, nemmeno rispetto al Coniglio selvatico, le cui aree di pascolo prossime alle garenne sono in genere disdegnate dalle lepri.

Soprattutto durante la stagione riproduttiva la socializzazione delle lepri è facilitata dal rilascio del secreto di alcune ghiandole, come quelle ano-genitali, che impregnano il terreno, e quelle pigmentali del naso, che vengono usate per lasciare tracce odorose su tronchi o rami.

Il territorio viene "marcato" anche dal secreto di ghiandole situate all'interno delle guance e ciò si realizza quando l'animale compie la toelettatura leccandosi le zampe anteriori e passandole sulle guance. Attraverso questi "messaggi" odorosi le lepri possono quindi comunicare la loro presenza, il sesso, la condizione fisiologica, lo stato sociale ecc. e ciò è assai importante considerate le loro abitudini prevalentemente notturne e lo scarso sviluppo della vista.

La Lepre europea è specie poligama, non vi sono però veri e propri *harem* detenuti da maschi dominanti, ma questi tendono a scacciare i più giovani subalterni che, sia pure in minor misura, riescono comunque ad accoppiarsi. La competizione tra maschi, che si manifesta con violenti combattimenti attuati con gli arti e le unghie (a volte con morsi), inizia già alcune settimane prima l'inizio degli accoppiamenti, ovvero a partire dai primi giorni di dicembre, presenta il culmine in primavera e prosegue per tutta l'estate ma in misura ridotta.

I luoghi dove avvengono i combattimenti sono in genere aperti e tali da permettere di individuare eventuali pericoli; essi sono riconoscibili per la presenza di ciuffi di peli sparsi sul terreno. Nelle fasi di accoppiamento si verificano analoghe scaramucce anche tra maschi e femmine, questo comportamento ha però la funzione di preparare fisiologicamente le femmine all'accoppiamento ed all'ovulazione che è indotta dal coito.

I giovani nascono all'aperto in un semplice giaciglio occultato tra l'erba, dove rimangono per pochi giorni. In seguito essi si spostano gradualmente nelle circostanze per minimizzare i rischi di predazione.

Pur essendo in grado di muoversi attivamente, nelle prime settimane i leprotti sono assai sedentari e si spostano principalmente per raggiungere il luogo d'incontro con la madre per l'allattamento, situato nei pressi del punto in cui sono nati. L'allattamento si verifica al tramonto con un'unica poppata della durata di pochi minuti.

Dopo lo svezzamento, che si verifica a circa un mese d'età, i leprotti si mantengono nelle vicinanze del luogo di nascita, muovendosi su superfici molto ristrette, ma via crescenti nel tempo.

Di abitudini prevalentemente crepuscolari e notturne, la lepre spesso abbandona il covo anche di giorno nei periodi dell'accoppiamento e dove le è consentito di vivere indisturbata.

In questo ultimo caso un minimo di attività si osserva nelle ore centrali della giornata (all'incirca tra le 11 e le 15,30) ed una netta ripresa dell'attività si verifica nel tardo pomeriggio (Pépin e Cargnelutti, 1994). Durante il giorno di norma la lepre rimane al covo, una semplice depressione del terreno ricavata a volte in punti con vegetazione quasi impenetrabile, o nel bosco, altre volte tra la vegetazione erbacea e persino tra le zolle dei terreni arati o al margine delle scoline dei campi in pianura.

Se non disturbata la lepre può ritornare in covi già frequentati (o nelle loro immediate vicinanze), ma nel volgere di pochi giorni; è raro, invece, che ciò accada a distanza di qualche settimana dal primitivo insediamento.

Benché sedentaria la lepre non è legata al territorio frequentato al punto da difenderlo attivamente rispetto ad intrusi e rivali; l'area frequentata può essere distinta in due zone funzionalmente differenti: l'*home range* (o area vitale), ove la lepre stabilisce i suoi covi e le zone di pastura, e la zona di esplorazione circostante (di circa un chilometro), utilizzata anche per i percorsi di fuga.

L'*home range* è, inoltre, soggetto a continue modifiche, anche stagionali, per la necessità di adattarsi al mutare delle risorse disponibili o come reazione a situazioni sfavorevoli, o per esigenze sociali. In generale l'estensione media dell'*home range* di una lepre è in relazione all'idoneità dell'ambiente ed alla densità di popolazione. Studi effettuati mediante tecnica radiotelemetrica confermano questa variabilità degli *home range*

Con il termine “dispersione” di norma s’intendono gli spostamenti di un animale dal luogo di nascita a quello ove egli s’insedia per riprodursi; alcuni autori però indicano con questo termine anche gli spostamenti di abbandono di un precedente *home range*. Di fatto si tratta di spostamenti compiuti dall’animale su territori non conosciuti e senza ritorno nelle aree del primitivo insediamento.

Nel caso della lepre pochi studi sono stati realizzati su questa materia, complessa, ma assai interessante anche dal punto di vista applicativo: basti pensare ai processi di “ripopolamento” naturale dei territori di caccia da parte degli esemplari provenienti dalle aree protette ovvero alle modalità di diffusione e di crescita delle popolazioni.

Studi sugli spostamenti compiuti dalle giovani lepri dal luogo di nascita a quello prescelto per la riproduzione evidenziano che i 2/3 si spostano a distanze di 1-8 km e più raramente giungono ad oltre 15 km.

Sulla base di questi risultati, una lepre (maschio o femmina) che nasca ipoteticamente al centro di una zona di ripopolamento e cattura (ZRC) con estensione di 723 ha (dato medio nazionale riferito al 1999) avrebbe circa il 20% di probabilità di uscire dalla zona medesima per riprodursi; ovviamente le probabilità aumenterebbero nel caso delle ZRC più piccole.

Il fenomeno della dispersione nella lepre sembra peraltro inversamente proporzionale alla densità della popolazione: esso risulta più importante in presenza di basse densità, poiché correlato alla dimensione media dell’*home-range* dei riproduttori, che è appunto maggiore in presenza di basse densità.

Il fenomeno tende a manifestarsi con maggiore frequenza all’epoca della maturità sessuale (tra i 4 e i 6 mesi d’età) e tra maggio e febbraio; movimenti di dispersione si osservano comunque anche tra gli esemplari adulti.

Ove esiste un’ampia rete di ZRC ben popolate di lepri, come ad esempio in provincia di Bologna, si stima che il carniere medio del cacciatore sia determinato per circa il 50% da esemplari “irradiatisi” spontaneamente da queste aree e solo per il 15% circa dal ripopolamento artificiale, nonostante questo sia realizzato con ben 5.000 – 7.000 lepri all’anno catturate nelle stesse ZRC.

Studi sugli effetti della predazione e della disponibilità alimentare sulla dinamica di popolazione delle lepri (Flux, 1967; Sinclair, 1986; Pepin, 1989) hanno rilevato che le condizioni corporee dell'animale hanno una importanza speciale nel determinare la probabilità di sopravvivenza durante l'inverno: in una popolazione relativamente pochi individui riescono a sopravvivere sino alla primavera successiva ed a riprodursi (Pehrson e Lindlof, 1984; Pullianen e Tunkkari, 1987; Parkes, 1989).

Per contro, un solo lavoro (Holley, 1993) si è occupato delle interazioni (notturne) dirette tra Volpe e Lepre europea, rivelando aspetti scarsamente conosciuti. La lepre, quando rileva la presenza di una Volpe a distanza, prosegue nell'attività di alimentazione, pur mantenendo uno stato di allerta; se il predatore si avvicina fino a circa 30 metri, la lepre si erge sulle zampe posteriori mostrando il ventre chiaro (*standing*), segnalando così al predatore che è stato individuato e che la prosecuzione dell'attacco non avrebbe esito fruttuoso.

Tale comportamento (specie-specifico, in quanto non viene attuato, ad esempio, nei confronti del cane) porta vantaggio ad entrambi i protagonisti: la Volpe non spreca tempo ed energie in un attacco fallimentare e la lepre, oltre ad evitare l'attacco, può verosimilmente dedicare più tempo ad altre attività essenziali. Se la distanza predatore/preda si riduce a circa 20 m la lepre si dà alla fuga.

Stato di conservazione

L'evoluzione delle aree agricole dell'Europa occidentale, avvenuta in modo più marcato dalla metà del 1900 per assecondare pressanti esigenze economico-sociali e nuove tecniche di coltivazione, ha comportato un generalizzato peggioramento della qualità dell'*habitat* della lepre (con riduzione della diversità ambientale e della ricchezza delle componenti ecologiche) ed il conseguente declino delle sue popolazioni in vari Paesi.

In Italia, a fronte della regressione osservata nelle popolazioni di lepre dopo l'ultimo conflitto mondiale e del considerevole aumento dei cacciatori avvenuto fino alla metà degli anni Ottanta, molte aspettative sono state riposte nelle attività di ripopolamento artificiale, anche grazie alla messa a punto della tecnica di allevamento della specie in stretta cattività, a partire dagli anni Settanta. Tuttavia, le considerevoli energie profuse, queste iniziative non sono risultate efficaci per invertire la tendenza delle popolazioni ed anzi hanno contribuito a ritardare l'adozione di misure volte ad attenuare i reali fattori limitanti, come quelle in favore dell'ambiente.

Nell'ultimo decennio, molte iniziative sono state prese in favore del ripristino ambientale, anche grazie alla politica agricola comunitaria (PAC), che ormai da anni contribuisce in modo tangibile alla realizzazione di questi interventi e in generale da parte di tutti gli Organismi gestori della fauna selvatica.

Naturalmente molti fattori influiscono sulla dinamica delle popolazioni di lepre, sia a livello generale (ad esempio l'evoluzione del clima, la diffusione dell'E.B.H.S., lo sviluppo della rete stradale e l'intensificazione del traffico, l'inquinamento ambientale, ecc.), che locale (ad esempio la predazione soprattutto da parte della Volpe, il bracconaggio diurno e notturno, le pratiche gestionali scorrette, ecc.), ma sono molte ormai le aree del Paese ove si assiste ad un generale miglioramento della condizione delle popolazioni di lepre.

Oggi anche la pressione venatoria sembra essersi riportata su livelli meglio sostenibili dalle popolazioni delle specie cacciabili (essendosi più che dimezzato il numero dei cacciatori nell'arco di vent'anni) ed è mutato anche l'interesse venatorio del cacciatore. Sempre più numerosi sono infatti coloro che si dedicano agli ungulati e specialmente al cinghiale, mentre diminuiscono, a volte in modo considerevole, i cacciatori di lepri con i cani da seguita.

Così come la riduzione delle popolazioni di lepre è avvenuta in maniera assai differenziata sul territorio italiano, a seconda della idoneità dell'ambiente nei confronti della specie e dei criteri di gestione adottati, anche la ripresa appare più pronta laddove si sono conservate condizioni ambientali più favorevoli e soprattutto nuclei soddisfacenti di popolazioni autoctone (ad es. nelle ZRC).

Al contrario, nelle zone marginali per la specie, come quelle montane e quelle dell'Italia centrale dove esistono condizioni di transizione tra l'*habitat* della Lepre europea e quello, rispettivamente, della Lepre variabile e della Lepre italica la condizione appare più incerta.

Le densità delle popolazioni della specie sul territorio sono quindi molto variabili e risentono anche di una prassi gestionale basata sui ripopolamenti ancora in larga parte diffusa.

2.3.2. *Lepus corsicanus*

Distribuzione attuale e storica

La distribuzione attuale della specie comprende (oltre alla Corsica - Riga *et al.*, 2003a) l'estremità meridionale della Toscana, la parte sud-occidentale dell'Abruzzo, il Lazio, il Molise, la Puglia settentrionale, la Campania, la Basilicata, la Calabria e la Sicilia (fig. 2.6).

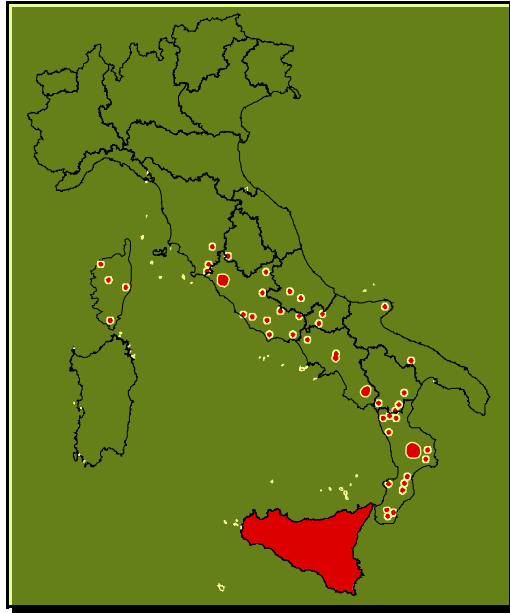


Figura 2.6. – Distribuzione di *L. corsicanus* (segnalazioni accertate nell'ultimo decennio).

Il limite settentrionale della distribuzione di *L. corsicanus* è dato dal comune di Manciano in provincia di Grosseto, sul versante tirrenico, e dal Parco regionale Sirente-Velino, in provincia de L'Aquila, sul versante adriatico. Come evidenzia la figura nell'Italia peninsulare la specie è prevalentemente distribuita nel versante tirrenico degli Appennini, pur sempre con popolazioni relitte, spesso isolate in aree protette o montane di difficile accesso (Angelici, 1998; Riga *et al.*, 2001).

In Sicilia la specie ha distribuzione relativamente continua ed è presente anche in aree non protette. In Italia peninsulare *L. corsicanus* è spesso presente in simpatria con popolazioni di *L. europaeus* introdotte per fini venatori, mentre in Sicilia la Lepre europea non ha mai originato popolazioni stabili, nonostante le ripetute immissioni di migliaia di individui (Lo Valvo *et al.*, 1997). Non è stato possibile confermare la presenza di *L. corsicanus* nell'Isola d'Elba, dove sono stati invece identificati esemplari di Lepre europea introdotti per fini venatori.

La rideterminazione di gran parte dei reperti museali di *Lepus* raccolti in Italia e in Corsica (presenti in vari musei italiani ed esteri) effettuata da Palacios (1996), da Lo Valvo *et al.* (1997) e da Riga *et al.* (2001) ha consentito di ricostruire la distribuzione storica di *L. corsicanus* (prima dell'inizio dei ripopolamenti intensivi con *L. europaeus*). Fino agli anni Trenta la specie era presente in Corsica, nell'Italia centro-meridionale, con limite settentrionale dato dall'Isola d'Elba sul versante tirrenico e dalla provincia di Foggia sul versante adriatico, ed in Sicilia.

Sull'origine della lepre in Sicilia fino a qualche tempo fa si riteneva che potesse essere stata introdotta dall'Italia continentale: l'ipotesi di una sua introduzione era legata ad uno scritto attribuito ad Aristotele (*Constitution de Rhégion*), nel quale veniva con enfasi narrato che, intorno al V secolo a. C., Anassila, imperatore di origine greca, avesse introdotto la lepre in Sicilia, dove ancora questa non sarebbe esistita. Oggi l'orientamento generale è quello di ritenere la lepre già presente in Sicilia prima dell'arrivo dei greci. Infatti, oltre ad indicazioni di carattere storico-linguistico ed al ritrovamento di alcuni resti fossili (Anca, 1860; Tagliacozzo, 1993), vi sono chiare indicazioni di carattere filogenetico, che farebbero risalire la presenza di *L. corsicanus* sull'Isola ad un periodo compreso tra 45.000 e 121.000 anni fa (Pierpaoli, *et al.* 1999).

Per quanto riguarda i reperti di *Lepus* raccolti in tempi storici, si conoscono le mandibole ritrovate negli scavi condotti negli anni Novanta in località Alia (Palermo), conservate presso il Museo di Zoologia dell'Università di Palermo, che risalirebbero al XI-XII secolo e che secondo Lo Valvo (dati inediti) sono attribuibili a *Lepus corsicanus*.

Morfologia

La Lepre italiana è simile nell'aspetto generale alla Lepre europea, ma ha forme relativamente più slanciate (fig. 2.7.)



Figura 2.7. – Esemplare di *L. corsicanus*

La lunghezza della testa e del corpo, della coda, del piede posteriore e, soprattutto, le orecchie sono proporzionalmente più lunghe, mentre il peso medio degli adulti è di circa 800 gr. Inferiore (tab. 2.2.). Questi caratteri probabilmente costituiscono un adattamento della Lepre italiana al clima caldo degli ambienti mediterranei, a differenza della Lepre europea, che è meglio adattata agli ambienti con clima continentale.

	Lo Valvo, 1997 (Sicilia)	Angelici e Luiselli , com. pers. (Penisola)	Riga <i>et al.</i>, 2001 (Penisola e Sicilia)
Misure	Valore medio (min. – max.)	Valore medio (min. – max.)	Valore medio (min. – max.)
Lunghezza testa-corpo (cm)		57,1 (54,3 – 61,2) (N = 42)	49 (44,1 - 54,4) (N = 21)
Lunghezza orecchio (cm)	11,1 (10,3 - 11,6) (N = 6)	11,4 (10,1 – 12,6) (N = 42)	9,6 (9 - 10,1) (N = 22)
Lunghezza coda (cm)		8,7 (6,6 - 11,2) (N = 42)	8,4 (7,3 - 10,2) (N = 21)
Lunghezza piede posteriore (cm)	12,8 (12 - 13,5) (N = 4)	12,6 (11,6 - 13,5) (N = 42)	12,7 (11,4 - 13,5) (N = 21)
Peso (kg)	2,6 (2,4 - 2,8) (N = 4)	2,2 (1,9 - 2,6) (N = 42)	2,7 (1,85 - 3,8) (N = 30)

Tabella 2.2. - Misure biometriche della Lepre italiana (N = dimensione del campione).

In *L. corsicanus* non vi è dimorfismo sessuale. Attualmente non esiste uno studio sistematico dei mantelli di *L. corsicanus*, tuttavia i caratteri diagnostici sono persistenti nel corso delle stagioni. Si osserva che di norma il mantello delle popolazioni siciliane è di tonalità complessivamente più chiare, mentre quelle dell'Italia centrale presentano tonalità più accentuate.

Gli studi sulla genetica della Lepre italiana hanno evidenziato una correlazione tra le sequenze di DNA mitocondriale degli individui e la loro distribuzione geografica: le popolazioni dell'Italia centrale, quelle dell'Italia meridionale e della Sicilia sono infatti significativamente differenti tra di loro (Pierpaoli *et al.*, 1999).

Al fine di verificare se alle differenze genetiche corrispondesse anche una variabilità morfologica tra le tre aree di distribuzione, è stata realizzata un'analisi sulla morfometria del cranio. Sono state rilevate 26 misure lineari su un campione di 57 crani di Lepre italiana.

I reperti sono stati suddivisi, in base alla loro provenienza, in tre aree geografiche: centro (Toscana e Lazio), sud (Campania e Calabria) e Sicilia. Per evitare errori di valutazione dovuti a differenti stadi di sviluppo, sono stati utilizzati soltanto individui adulti selezionati in base al grado di ossificazione del cranio.

Differenze altamente significative sono state osservate nella lunghezza interfrontale (IFL), nella larghezza rostrale (RW) e nella lunghezza della bulla timpanica (TBL). Tali differenze non sono comunque sufficienti a distinguere gruppi diversi.

La differenziazione craniometrica tra le diverse popolazioni considerate è scarsa.

L'analisi morfologica evidenzia una generale uniformità tra le popolazioni di Lepre italiana, in particolare tra quelle della Penisola. Le differenze emerse sembrano indicare soltanto una lieve differenziazione tra le popolazioni della Sicilia e quelle dell'Italia peninsulare.

La variabilità genetica osservata potrebbe essere quindi dovuta a fattori casuali legati all'isolamento geografico delle tre aree e/o ad adattamenti non rilevabili attraverso il tipo di analisi effettuata. Ulteriori indagini potranno eventualmente appurare se altri caratteri morfologici (dimensioni corporee, caratteri qualitativi dei denti, colorazione del mantello ecc.) presentano una variabilità strutturata geograficamente.

L'analisi delle sequenze del mtDNA indica la presenza di differenze genetiche ed assenza di flusso genico fra i campioni di Lepre italica provenienti da varie località dell'Italia centrale, meridionale e della Sicilia. La divergenza genetica fra i diversi aplotipi mitocondriali presenti nella Lepre italica potrebbe essere stata generata nel corso degli ultimi 120.000 – 45.000 anni, suggerendo che l'isolamento della specie in Italia centro-meridionale sia piuttosto antico.

La colonizzazione della Sicilia può essere avvenuta nei periodi glaciali quando il livello del mare Mediterraneo era di circa 110 m inferiore all'attuale e la Sicilia fu connessa con la penisola Italiana. La separazione della Sicilia fin dal termine dell'ultima glaciazione spiega la divergenza genetica fra le popolazioni peninsulari ed insulari di Lepre italica.

Riconoscimento del sesso

La determinazione del sesso è del tutto analoga a quella della Lepre europea.

Determinazione dell'età

Non sono attualmente disponibili informazioni tecnicamente adeguate sulla stima dell'età nella Lepre italica, in particolare non è ancora stato possibile lo studio di elementi diagnostici, come il tubercolo di *Stroh* ed il peso secco del cristallino, su esemplari di età nota.

Preferenze ambientali

La distribuzione ecologica di *L. corsicanus* conferma l'adattamento prevalente della specie agli ambienti a clima mediterraneo (Tomaselli *et al.*, 1973; Blondel e Aronson, 1999), benché essa sia presente dal livello del mare fino a 2.000 m s.l.m. in Appennino (Angelici e Luiselli, 2001) e a 2.400 m s.l.m. sull'Etna. Gli ambienti preferiti sembrano essere quelli rappresentati da un'alternanza di radure, anche coltivate, ambienti cespugliati e boschi di latifoglie; inoltre, può occupare aree di macchia mediterranea con densa copertura vegetazionale, compresi gli ambienti dunali.

In Sicilia, dove è l'unica lepre presente, la specie occupa una grande varietà di ambienti naturali, prediligendo i prati-pascoli collinari e montani, le radure ai margini dei boschi di latifoglie (sia decidui che sempreverdi) e gli incolti cespugliati. I pascoli artificiali e le garighe sono fra gli ambienti seminaturali quelli preferiti. Tra le aree coltivate sono utilizzate soprattutto le aree cerealicole, ma frequenta anche vigneti, uliveti, mandorleti ed occasionalmente agrumeti.

Allo scopo di determinare se la Lepre italiana possa essere considerata una specie adattata a vivere in ambienti mediterranei (come suggerito da alcune caratteristiche morfologiche e dalla distribuzione (fig. 2.8.) e di individuare quale siano le caratteristiche ambientali e climatiche in grado di determinare la distribuzione della specie, è stato realizzato un modello preliminare per la valutazione dell'idoneità ambientale (Riga *et al.*, 2003b) L'analisi è stata condotta confrontando le caratteristiche ecologiche e climatiche delle aree di presenza certa della specie, con quelle di localizzazioni casuali.

Le analisi effettuate dimostrano che i valori medi delle temperature minime costituiscono la principale variabile in grado di influenzare la distribuzione della specie. Questo concorda con l'ipotesi di una specie adattata a climi prevalentemente mediterranei e conferma le osservazioni preliminari condotte sulla morfologia. Tale risultato potrebbe spiegare la distribuzione della specie (storica ed attuale) e la sua limitata diffusione verso l'Italia settentrionale al termine dell'ultimo periodo glaciale.

Tra gli altri fattori che influenzano la distribuzione della Lepre italiana, si osserva che i sistemi colturali intensivi influiscono negativamente sulla presenza della specie. Infatti, lo sviluppo della meccanizzazione agricola, l'intensificazione colturale e l'espansione delle monocolture, limitando gli ambienti ecotonali, riducono la disponibilità di rifugio, di alimentazione e di allevamento della prole.

Inoltre, l'utilizzo dei fitofarmaci, tipico delle zone fortemente coltivate, produce ulteriori effetti negativi, sia diretti (per tossicità acuta e cronica attraverso l'ingestione) sia indiretti (riduzione di risorse trofiche).

Anche la densità delle strade influisce negativamente sull'idoneità dell'ambiente in quanto provoca, oltre alla mortalità dovuta agli incidenti stradali, l'isolamento delle popolazioni e l'ulteriore frammentazione dell'*habitat*. I cespuglieti invece favoriscono la presenza della specie in quanto aumentano le possibilità per gli individui di reperire siti idonei ad evitare la predazione.

I dati ottenuti con il modello di valutazione ambientale possono inoltre fornire utili informazioni per la pianificazione di una rete ecologica per la Lepre italiana e per individuare i siti più adatti per eventuali progetti di reintroduzione.

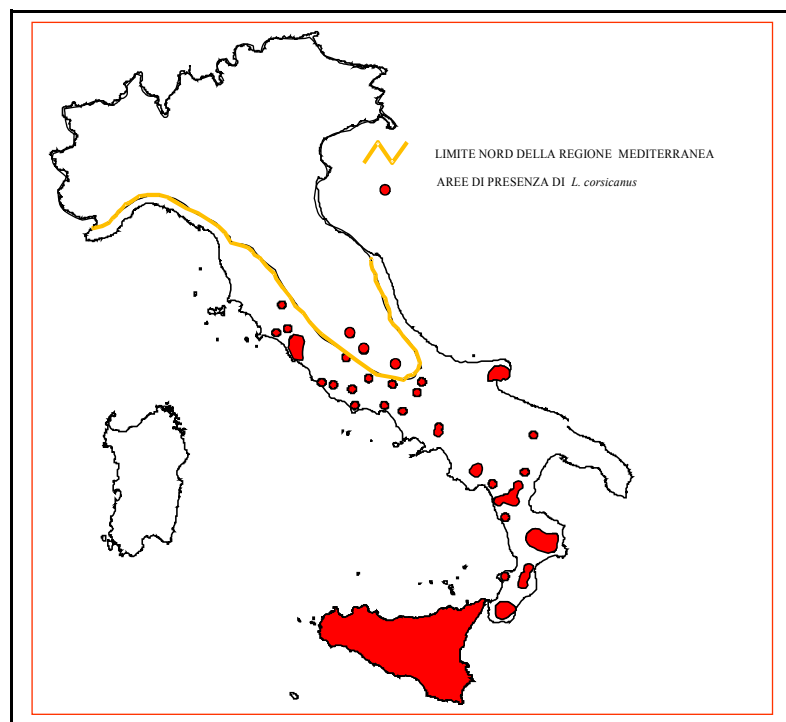


Fig. 2.8. - Distribuzione della Lepre italiana rispetto alle aree a clima mediterraneo.

Alimentazione

Un primo contributo sulla conoscenza delle abitudini alimentari della Lepre italiana è stato fornito da uno studio sulla dieta realizzato in aree campione del Parco Regionale dell'Etna (De Battisti *et al.*, 2004), ambiente dove la specie tocca l'estremo limite altitudinale di diffusione. Tale studio si è basato sul metodo dell'analisi micrografica delle feci (Chapuis, 1980; Butet, 1985).

Le Famiglie più importanti riscontrate sono le *Graminaceae* (20.46%), le *Leguminosae* (10.04%) e le *Compositae* (6.89%). Altre Famiglie appetite sono le *Cyperaceae*, le *Juncaceae* (consumate in tutte le stagioni) e le *Labiatae*, consumate soprattutto durante il periodo estivo.

Di fatto la dieta si basa principalmente sul consumo di Graminacee; sia in estate che in inverno il consumo di tali piante è praticamente costante e in primavera addirittura si accresce, nonostante la maggiore disponibilità di alimenti alternativi.

Tale preferenza rispecchia quanto osservato anche in *Lepus europaeus* (Homolka 1982, 1983, 1987; Sfougaris *et al.*, 2003), in *L. granatensis* (Soriguer e Carro, 2003) e in *Oryctolagus cuniculus* (Soriguer, 1988), anche se in *L. corsicanus* l'importanza delle Graminacee non sembra raggiungere i valori osservati nelle altre specie (36 - 80%).

In inverno, quando a queste altitudini può essere presente una spessa coltre di neve, la gamma di piante utilizzate si riduce decisamente ed aumenta la frequenza delle specie arboree, come le *Fagaceae* e le *Pinaceae* (foglie, gemme, cortecce).

Analoghe osservazioni sono state realizzate da Homolka (1982) in *L. europaeus*. In estate la scelta alimentare si riduce rispetto alla primavera e si orienta sui *taxa* più resistenti al clima xerico dell'area (es. foglie di *Rumex scutatus* ssp. *aetnensis*, di *Astragalus siculus* e di *Compositae*).

Lo studio nel complesso evidenzia una dieta molto diversificata per questa specie e dimostra, inoltre, la sua capacità di adattamento alimentare rispetto a condizioni climatiche estreme (forte aridità nel periodo estivo e innevamento consistente nel periodo invernale).

Riproduzione

Le conoscenze sulla biologia riproduttiva di *L. corsicanus* sono assai scarse; è stata accertata comunque la presenza di femmine gravide e nascite anche nei mesi di ottobre, novembre, dicembre e gennaio, quindi nel periodo di diapausa riproduttiva per *L. europaeus*.

Benché le osservazioni fino ad ora realizzate non coprano l'intero arco dell'anno, non sembra che in *L. corsicanus* esista una diapausa riproduttiva stagionale (analogamente a quanto verificato in *L. mediterraneus*). La dimensione massima delle figliate osservate su femmine gravide è risultata di 4 feti, con una media di 1,86.

Demografia

Ancora poche indagini sono state compiute per valutare la densità della specie sul territorio. I primi risultati di studi in corso, realizzati con la tecnica dello *spot light census* (fig. 2.9.), interessano quasi 1.000 km di percorsi campione nell'Italia centro-meridionale ed in Sicilia.

Indagini notturne impiegate per verificare la distribuzione e l'abbondanza delle lepri, hanno evidenziato come in Sicilia e nella Penisola vi siano analoghe densità delle lepri sul territorio, tuttavia, nella seconda area il dato si riferisce alla presenza cumulativa di *L. europaeus* e di *L. corsicanus*.

Tale condizione potrebbe riflettere un'interferenza sfavorevole della specie introdotta rispetto a quella autoctona, così come una sostanziale vicarianza tra esse. Rimarchevole è la differenza di densità tra le aree protette e quelle ove è ammesso l'esercizio venatorio.



Figura 2.9. - L'impiego dello *spot light census* risulta di grande utilità per verificare la distribuzione e l'abbondanza delle lepri.

Lo Valvo e coll. (*com. pers.*) hanno studiato la dinamica di una piccola popolazione di

L. corsicanus all'interno del Parco Regionale delle Madonie (Sicilia), attraverso conteggi notturni distribuiti nell'arco di un anno. La dinamica dei conteggi durante il periodo di censimento evidenzia un incremento del numero di lepri nel periodo compreso tra la metà di febbraio e giugno, con un picco intorno alla metà di aprile.

Non vi sono dati sui tassi di sopravvivenza delle popolazioni di Lepre italiana. Le cause di mortalità sono scarsamente note, benché in generale le lepri soggiacciono a numerose cause di mortalità.

Tra le patologie troviamo l'*European Brown Hare Syndrome* (EBHS) che è un'infezione virale grave ed altamente contagiosa con mortalità compresa tra il 35 e l'80% dei soggetti ammalati.

Il virus è oggi largamente diffuso nelle popolazioni di Lepre europea in tutta Europa, dove l'infezione tende ad endemizzare dopo un'epidemia iniziale, che è stata di recente diagnosticata anche in *L. corsicanus* (Guberti *et al.*, 2000).

Poiché la Lepre europea appare come il serbatoio naturale dell'infezione, le ripetute e massicce immissioni di Lepre europea, per fini di ripopolamento, nell'areale della Lepre italiana possono aver danneggiato in passato questa specie endemica ed espone tuttora a continui rischi le popolazioni residue, anche perché spesso caratterizzate da basse densità ed isolamento.

Per quanto riguarda, invece, la mortalità da predazione le potenziali specie predatrici di *L. corsicanus* sono:

- tra i Mammiferi, la Volpe, i cani e i gatti rinselvatichiti e, con minor frequenza, alcuni Mustelidi, il Lupo e il Gatto selvatico, ma anche il Cinghiale può predare i piccoli;

- tra gli Uccelli vi sono l'Aquila reale e la Poiana. Altri Rapaci diurni (Albanella reale, ecc.), notturni (Gufo reale, ecc.), nonché Corvidi (Cornacchia grigia, ecc.) possono effettuare predazioni occasionali sui Lagomorfi.

In Sicilia i principali predatori naturali risultano essere la Volpe e l'Aquila reale; su 112 prede di Aquila reale il 10,4% era rappresentato da *L. corsicanus* (Lo Valvo, *com. pers.*).

Tra le cause artificiali di mortalità un posto di rilievo si può attribuire agli abbattimenti illegali, specialmente a carico delle popolazioni peninsulari della specie allorquando vivono in simpatria con la Lepre europea (legalmente cacciabile).

Comportamento

Quasi sconosciute sono le abitudini di vita della Lepre italiana. La specie sembra avere un comportamento sedentario con spazi vitali relativamente piccoli; dopo il tramonto frequenta quasi sempre e per l'intera notte le stesse aree di pastura, nelle cui immediate vicinanze stabilisce in seguito i covi diurni (Lo Valvo, *com. pers.*).

Nelle aree di simpatria con la Lepre europea è stato possibile osservare la frequentazione dei medesimi pascoli. Se scovata nel folto della vegetazione, la Lepre italiana sembra mantenersi più a lungo nascosta, compiendo anche brevi spostamenti e soste, a differenza della Lepre europea che una volta scovata tende a lanciarsi in corse precipitose, sfruttando i sentieri ed uscendo allo scoperto, per rimettersi al covo solo dopo un lungo tragitto.

La corsa della Lepre italiana è molto agile e con lunghissimi balzi sopra la vegetazione erbacea. Nelle perlustrazioni notturne col faro si nota più spesso che nella Lepre europea, il comportamento di allerta ed osservazione in posizione eretta sulle zampe posteriori (*standing*).

Minacce, fattori limitanti e stato di conservazione

La riscoperta recente della Lepre italiana, la difficoltà di ottenere dati in particolare dalle zone in cui si esercita l'attività venatoria e la scarsità di dati di confronto per il passato, rendono difficile ricostruire il trend della specie negli ultimi decenni.

Esistono, tuttavia, vari indizi sul potenziale rischio di estinzione di *L. corsicanus*, almeno nelle regioni peninsulari; tra questi molto importanti sono la frammentazione dell'areale, l'isolamento di molte popolazioni e i bassi valori di densità. Dati aggiornati di distribuzione della specie nella Penisola denotano, infatti, una frammentazione dell'areale che può essere ricondotta a cause relativamente recenti, con popolazioni fortemente ridotte e di fatto isolate tra loro.

L'evoluzione in atto degli ambienti mediterranei comporta una progressiva concentrazione delle attività antropiche nei fondovalle, nelle zone pianeggianti e lungo le coste, mentre si assiste ad un progressivo abbandono delle aree collinari e montane.

La frammentazione e la riduzione quali-quantitativa dell'habitat delle lepri è la conseguenza più evidente di tale evoluzione. Si tratta di un fenomeno potenzialmente pericoloso per la sopravvivenza delle popolazioni di *L. corsicanus* potendo indurre fenomeni di erosione della variabilità genetica, incremento di *inbreeding* e riduzione della fitness degli individui.

Anche lo sviluppo della rete stradale e l'intensificazione del traffico, soprattutto sulle coste e nei fondovalle, contribuisce alla frammentazione della continuità ecologica dell'habitat e accentua i tassi di mortalità.

I cambiamenti nel quadro faunistico possono ugualmente indurre delle contrazioni di areale per certe specie. Nel caso di *L. corsicanus*, le ripetute introduzioni di *L. europaeus* possono aver determinato fenomeni di competizione interspecifica, attualmente non ancora studiati. Angelici e Luiselli (2001) riportano comunque la tendenza delle due specie ad occupare fasce altitudinali diverse.

L'introduzione di *L. europaeus* risulta importante anche per la possibile diffusione di gravi patologie comuni. Possibili fenomeni di competizione potrebbero esistere anche tra la Lepre italica e il Coniglio selvatico (*Oryctolagus cuniculus*), considerate le rispettive aree di distribuzione soprattutto in Sicilia. Secondo Gibb (1990) è possibile che l'evoluzione delle lepri e dei conigli sia avvenuta in habitat diversi, ma con molti punti di contatto.

Osservazioni preliminari realizzate in Sicilia tendono a confermare un utilizzo del territorio spesso spazialmente differenziato tra *L. corsicanus* e *O. cuniculus*.

In Gran Bretagna Mc Laren, *et al.*, (1997) hanno individuato nella frammentazione degli agroecosistemi pastorali il principale fattore limitante per le popolazioni di Lepre europea.

Questi Autori hanno calcolato che nelle popolazioni isolate, una densità di 3 lepri / 100 ettari rappresenta la soglia critica, al di sotto della quale il rischio di estinzione della popolazione cresce rapidamente.

Se tale soglia si dimostrasse reale anche per *L. corsicanus*, molte popolazioni peninsulari si confermerebbero già oggi effettivamente minacciate.

La mancanza di esemplari con fenotipi intermedi tra *L. corsicanus* e *L. europaeus* e l'assenza di introgressione di aplotipi mitocondriali di una specie nell'altra, portano, invece, a ritenere improbabile il rischio di ibridazione tra le due specie. Ulteriori analisi genetiche, basate sull'utilizzo di marcatori ereditati biparentalmente (microsatelliti), sono comunque in corso per escludere completamente questa eventualità.

Un ruolo importante nella rarefazione delle popolazioni di Lepre italiana deve essere attribuito anche all'intensificazione della pressione venatoria. Nonostante la specie oggi non sia legalmente cacciabile nelle regioni peninsulari, l'esercizio venatorio può rappresentare un reale fattore limitante per le popolazioni di *L. corsicanus*.

Nella Penisola, infatti, l'impatto venatorio può risultare importante a causa delle difficoltà di discriminazione sul campo tra *L. corsicanus* (non cacciabile) e *L. europaeus* (cacciabile). Queste difficoltà rendono inoltre molto difficile applicare strategie differenziate di conservazione per le due specie.

La Lepre italiana è specie endemica dell'Italia centro-meridionale e della Sicilia. Non è noto lo stato di conservazione del *taxon* in Corsica, dove è stato introdotto in epoca storica. Nel corso dell'ultimo secolo l'areale della specie ha subito una sostanziale contrazione accompagnata da una sensibile riduzione di densità delle popolazioni. Tale fenomeno si sarebbe verificato soprattutto negli anni Ottanta del Secolo scorso (Angelici e Luiselli, 2001).

Recenti dati di distribuzione della specie evidenziano una frammentazione dell'areale nella Penisola, con popolazioni fortemente ridotte (a bassa densità) e di fatto isolate tra loro. Notizie più approfondite sono disponibili per la Toscana, in provincia di Grosseto (Macchia *et al.* 2005), dove le consistenze sono assai ridotte, l'areale risulta contratto e frammentato rispetto a quello "storico".

Le popolazioni residue sono circoscritte quasi esclusivamente ad aziende faunistico-venatorie di vecchia istituzione e a fondi chiusi. Inoltre, la specie non risulta più presente nell'Isola d'Elba. In tali condizioni è particolarmente elevata la probabilità di perdita della variabilità genetica, con rischio di diminuzione della vitalità (*fitness*) degli individui e di maggiore vulnerabilità agli eventi stocastici (fenomeni climatici avversi, insorgenza di epidemie, drastiche modificazioni ambientali).

Le popolazioni presenti in Sicilia risultano distribuite in modo continuo e con abbondanza maggiore. Nella Penisola *L. corsicanus* convive in diverse aree con *L. europaeus*, ma sono possibili fenomeni di competizione interspecifica.

In base alla situazione delineata *L. corsicanus* può considerarsi una specie minacciata a livello "critico" secondo le recenti classificazioni IUCN, 1994 (Angelici e Luiselli, 2001).

2.3.3. *Lepus timidus*

Distribuzione

La Lepre variabile è una specie artico-alpina, caratterizzata da una distribuzione altamente frammentata in Europa. Essa appartiene ad un complesso di «lepri artiche» di cui fanno parte *L. othus* in Beringia e *L. articus* in Nord America e Groenlandia.

È diffusa in Irlanda, nella Scozia, nelle Alpi, in gran parte della Fennoscandia e nella Polonia Nord-orientale. La specie è stata introdotta con successo in alcune aree dell'Inghilterra, nell'Isola di Man e in numerose isole scozzesi.

L'areale si estende poi verso l'Europa orientale e l'Asia settentrionale, dai Paesi baltici attraverso tutta la fascia della tundra e della taiga russa e siberiana, fino alla Manciuria ed all'Isola di Hokkaido in Giappone. La distribuzione attuale di *L. timidus* è originata dai fenomeni glaciali del Pleistocene. Primi fossili sono stati rinvenuti anche nella Penisola Iberica, in depositi risalenti a circa mezzo milione di anni fa, presumibilmente caratterizzati da clima temperato (Lopez Martinez, 1980).

Nel corso del periodo glaciale più recente (Weischel), circa 18.000 anni fa, l'Europa del Nord e parte dell'Europa centrale erano ricoperte da una calotta di ghiaccio e *L. timidus* era distribuito senza soluzione di continuità su vasti territori a Sud delle aree glaciali.

Resti risalenti a tale periodo sono stati ritrovati in Belgio, in Germania (anche a ridosso dell'area alpina) e in Irlanda. A seguito del graduale ritiro della calotta glaciale, *L. timidus* colonizzò regioni via più settentrionali, diffondendosi nelle Isole Britanniche e, attraverso l'istmo di terra che connetteva la Danimarca alla Svezia, si diffuse in tutta la Scandinavia (Thulin, 2003).

Nel periodo seguente l'ultima era glaciale (Olocene), l'originaria distribuzione continua di *L. timidus* nell'Europa centrale subì una drammatica contrazione, fino a rimanere soltanto sulle Alpi (oltre i 1.200-1.300 m s.l.m.) e in remote aree della Polonia. La specie inoltre scomparve dall'Inghilterra e dal Galles, ad eccezione di una piccola popolazione nel Peak district.

L'origine di questa distribuzione di *L. timidus* in Europa, a partire da una singola popolazione panmitica, risulta recentemente confermata anche da prove genetiche (Suchentrunk *et al.* 1999; Thulin *et al.* 1997).

Sulla catena alpina è presente la sottospecie *L. t. varronis* Miller, 1901, con una distribuzione relativamente continua alle quote più elevate. Limitatamente all'arco alpino italiano la distribuzione della Lepre variabile è sintetizzata dalla figura 2.10.

Artuso (1994) registra la presenza della specie su 438 tavolette I.G.M., dalla provincia di Imperia a quella di Udine, con esclusione delle province di Savona, Varese, Verona, Gorizia e Trieste.



Figura 2.10. - Distribuzione della Lepre variabile in Italia
(Spagnesi e De Marinis, 2002).

Morfologia

Lunghezza basale del cranio maggiore nelle popolazioni settentrionali, a conferma della regola di Bergman. Testa relativamente grande, occhi prominenti con iride gialla negli adulti e marrone scuro nei giovani. Arti posteriori più lunghi di quelli anteriori; dita ben divaricabili, dotate di unghie robuste, superfici plantari ricoperte da un fitto strato dei peli (cuscinetto). Orecchie corte e strette, con una stria nera apicale lunga circa 3 cm al margine esterno e circa 5 cm all'interno.

Come nelle altre lepri i giovani nascono ad occhi aperti, ricoperti di una folta e soffice pelliccia; il loro peso alla nascita è di circa 100 g (61-182) e la crescita è rapida (Flux, 1970). Tradizionalmente si riconoscono 16 sottospecie, di cui 6 in Europa (*L. t. hibernicus*, *L. t. kozhevnikovi*, *L. t. scoticus*, *L. t. sylvaticus*, *L. t. timidus*, *L. t. varronis*).

Il mantello degli adulti è molto folto e composto da peli di giarra lunghi circa 30 mm e da peli di borra lunghi 15-20 mm. In estate ed in autunno è generalmente di un colore grigio brunastro o rosso-bruno nella regione dorsale, con nuca e porzione superiore del collo brunastri; la testa e la parte superiore delle zampe sono marroni, benché alcuni peli bianchi invernali possano persistere nelle zampe posteriori anche fino a giugno ed oltre.

Il groppone ha una tonalità tendente al nero e le parti inferiori del corpo sono bianche; il sottopelo grigio-blu, risulta particolarmente evidente lungo i fianchi. La marcata variabilità individuale che si osserva nella colorazione generale estiva è dovuta al colore ed alla larghezza della banda sub-terminale dei peli di giarra.

La livrea invernale è bianca da dicembre ad aprile, ad eccezione di una bordatura nera all'estremità delle orecchie e di uno stretto cerchio intorno agli occhi. Ogni anno si verificano tre mute: da marrone a marrone (da giugno a metà settembre); da marrone a bianco o grigio-bianco (da metà ottobre a gennaio, con la maggioranza delle mute completate entro dicembre); da bianco a marrone (da metà febbraio a maggio inoltrato). La sottospecie *L. t. hibernicus* non assume mai una completa colorazione bianca in inverno (salvo eccezioni).

Le lepri variabili mutano più velocemente nelle primavere calde rispetto a quelle fredde, quelle che vivono ad altitudini elevate diventano bianche in minor tempo e più precocemente rispetto a quelle che vivono ad altitudini inferiori.

La muta invernale è attivata dall'accorciarsi del fotoperiodo, nelle 10-12 settimane successive è fortemente legata alla temperatura dell'aria, ma da dicembre a metà febbraio il fattore più importante nell'evoluzione della muta è la copertura nevosa.

Riconoscimento del sesso

Il riconoscimento del sesso è analogo a quello degli altri Leporidi.

Determinazione dell'età

L'età delle giovani lepri può essere determinata fino a tre mesi per mezzo delle dimensioni corporee. In seguito i giovani possono essere riconosciuti fino a 8-10 mesi dallo stato dei nuclei di ossificazione dell'omero (prossimale), del radio e dell'ulna (distale) (Kaluhala e Soveri, 2001).

Il peso secco del cristallino può fornire indicazioni più precise sull'età degli individui, in particolare per la discriminazione tra quelli di un anno e i più vecchi è stato definito un valore soglia del peso del cristallino pari a circa 250 mg (Kauhala e Soveri, 2001); non è noto se tale valore sia valido anche per *L. t. varronis*.

Preferenze ambientali

La Lepre variabile è una specie prevalentemente adattata agli ambienti forestali misti, dei cespuglieti e delle praterie di altitudine; le densità più elevate vengono raggiunte nelle aree ecotonali e di transizione caratterizzate da radure, brughiere e prati cespugliati anche ai margini di zone acquitrinose e valli fluviali.

In Finlandia gli habitat preferiti sono le aree con presenza di *Salix* e *Vaccinium*, le boscaglie rade di abeti e betulle. Consistenze inferiori si ritrovano, invece, nei boschi di pini e nelle foreste mature; habitat meno favorevoli (ad esempio foreste di betulle su pendii ventosi) possono essere frequentati se le densità delle popolazioni sono elevate (Pulliainen, 1983).

Il secondo habitat preferito dalla Lepre variabile è la tundra, dove le lepri possono sopravvivere oltre il limite della vegetazione se sono disponibili ripari come rocce o pendii. Nella Russia meridionale, le foreste di pioppo con fitto sottobosco costituiscono l'habitat normalmente frequentato dalla specie. In Scozia, le maggiori densità delle popolazioni (circa 50 ind./100 ha) vengono raggiunte nelle brughiere di erica (*Calluna*) soggette a gestione, soprattutto nelle aree nord-orientali del Paese (Hewson, 1983); le eriche pioniere sono preferite per l'alimentazione, mentre quelle mature sono usate come rifugio.

Molte lepri si ritrovano anche nelle aree collinari adibite a pascolo, soprattutto se il carico del bestiame domestico non è eccessivo.

In Irlanda la specie occupa una grande varietà di habitat, dal livello del mare fino alle cime delle montagne e sono particolarmente abbondanti nelle aree coltivate (Hewson, 1996).

Sulle Alpi *L. t. varronis* è presente con un'ampia distribuzione altitudinale, compresa tra 700 e 4.000 m s.l.m. e variabile a seconda della stagione, dell'andamento climatico, dell'esposizione e dei settori alpini; più spesso frequenta altitudini comprese tra 1.300 e 2.800 m s.l.m..

Nell'arco alpino italiano preferisce la fascia compresa tra 1.500 e 2.000 m s.l.m., con valori tendenzialmente decrescenti da Ovest verso Est (Artuso e Paganin, 1993). Nei periodi più freddi la maggioranza degli individui frequenta le aree boscate delle valli alpine.

Alimentazione

La Lepre variabile è essenzialmente erbivora; la dieta è fondata principalmente sul consumo di Graminacee, ma è assai flessibile a seconda della disponibilità e del periodo stagionale. Negli ambienti forestali la dieta comprende foglie e rametti di *Salix*, *Sorbus*, *Betula*, *Juniperuse Populus*.

Nella tundra consuma soprattutto il salice nano, che è ricco di elementi nutritivi. Nelle brughiere scozzesi e nelle isole svedesi l'alimento preferito è costituito dalle piante del genere *Calluna*. Se disponibili, la specie preferisce le piante ricche di nutrienti, come i trifogli e altre Dicotiledoni, che crescono nei terreni più fertili.

La copertura nevosa può incrementare notevolmente il consumo di cortecce, rametti, muschio e licheni. La dieta dei due sessi è molto simile, tuttavia, le femmine riproduttive mangiano più erbe che germogli e rametti di *Calluna*, rispetto a quanto facciano i maschi; gli esemplari giovani consumano più *Agrostis* e meno *Nardus*.

Studi in cattività hanno dimostrato che la digeribilità della materia secca è il fattore più importante per riuscire a soddisfare le richieste energetiche degli individui. I composti secondari presenti nei ramoscelli di *Betula* o *Calluna* possono ridurre la digeribilità e alterare il bilancio del sodio, che invece viene mantenuto con una dieta variata.

L'alimentazione invernale di *L. timidus* in Scozia ed Irlanda è costituita principalmente dall'erica (dal 30 al 90% del contenuto stomacale), mentre in estate vengono consumate più frequentemente le piante erbacee (soprattutto *Agrostis* e *Deschampsia*) e Dicotiledoni come il *Galium*. In Fennoscandia la dieta invernale è dominata dalla *Betulla* (15-62%), dal Sorbo (5-72%) e dal Salice (10-34%), mentre in Russia sono più importanti il Salice (20-36%), il Pioppo (6-20%) ed il *Vaccinium* (5-25%).

La dieta degli individui che vivono in condizione particolarmente svantaggiate è comunque determinata più dalla disponibilità delle risorse alimentari che da preferenze alimentari.

Le essenze consumate con frequenze ridotte includono *Molina*, *Nardus*, *Scirpus*, *Carex*, *Juncus*, *Alnus*, *Rubus*, *Ribes*, *Prunus*, *Rosa*, *Hippophae*, *Erica*, *Arctostaphilos*, *Rumex*, *Fragaria*, *Taraxacum*, *Quercus*, *Acer*, *Fagus*, *Larix*, *Rhododendron* (Angerbjörn e Flux, 1995).

Come la Lepre europea, anche la Lepre variabile può causare danni alle coltivazioni, soprattutto in inverno alle giovani piantagioni di alberi da frutto o da legno. Il fabbisogno idrico viene in genere soddisfatto attraverso l'assunzione degli alimenti, ma in inverno, quando la dieta è costituita essenzialmente da sostanze secche, gli individui possono consumare discrete quantità di neve.

Il fabbisogno giornaliero di alimento è di almeno 500 g di sostanza fresca. Il fabbisogno energetico giornaliero è di circa 105 Kcal/kg, che può arrivare in inverno fino ad un massimo di 150 Kcal/kg. La digeribilità degli alimenti può essere aumentata fino al 25% grazie alla ciecotrofia.

Riproduzione

Verificando le variazioni stagionali dei testicoli in *L. t. scoticus*, Flux (1970 b) ha evidenziato come il peso aumenti dopo il solstizio d'inverno e decresca dopo il solstizio d'estate, concordemente a quanto accertato da Kuderling e coll. (1979) su esemplari di *L. t. timidus* mantenuti in cattività.

L'ovulazione è indotta dal coito. La gestazione in *L. t. varronis* è di 50,8 giorni (Couturier, 1964) e in generale si osservano variazioni tra 47 e 55 giorni (Chapman e Flux, 1990). Non è segnalato il fenomeno della superfetazione (Chapman e Flux, 1990). La maturità sessuale sarebbe raggiunta tardivamente rispetto ad es. a *L. europaeus*, ovvero all'inizio dell'anno successivo alla nascita (Flux, 1970 b).

La specie è poliginica e gli accoppiamenti possono iniziare, a seconda dell'altitudine e della latitudine, già in gennaio, di conseguenza i parti si verificano a partire da febbraio, aumentano decisamente in aprile e culminano in maggio-giugno; in seguito le nascite si riducono rapidamente fino ad agosto, ma si segnalano sporadiche figliate in settembre e inizio ottobre (Flux, 1970).

In generale la fenologia riproduttiva è regolata dal fotoperiodo attraverso la produzione della melatonina da parte della ghiandola pineale (Kuderling *et al.*, 1979). Mancano dati sistematici relativi alle popolazioni alpine.

Nella forma nominale si segnalano normalmente due parti all'anno e più raramente tre quando si verificano primavere precoci (Myrberget, 1983); due o tre parti sono indicati anche per *L. t. varronis* (Angerbjörn e Flux, 1995). Flux (1970) riferisce di aver riscontrato una media di 2,4 corpi lutei (estremi 1-5) per femmina, con un incremento in base all'età ed al peso della lepre.

Il loro numero medio varia anche nel corso della stagione: 1,8 in febbraio, 3,7 in giugno e 2,7 in agosto. Come negli altri Lagomorfi si constatano perdite prenatali (con riassorbimento embrionale o aborto), stimate del 6,3 - 13,6% rispettivamente per le femmine adulte o le giovani.

Demografia

La *sex ratio* è sostanzialmente paritaria alla nascita, in seguito può variare leggermente a seconda delle popolazioni e nel tempo. La percentuale dei giovani è, invece, assai variabile in relazione alle fasi dinamiche delle popolazioni (fluttuazioni, a volte cicliche) e al manifestarsi di eventi climatici estremi.

In popolazioni di *L. t. scoticus* su 1.561 esemplari campionati tra agosto e gennaio il 42,9% erano giovani e in dicembre-gennaio la categoria variava tra il 27,4 e il 72,8%.

La composizione di un campione di 1.000 esemplari valutati in base al peso secco del cristallino è risultata costituita dal 47,8% di giovani, dal 32,2% da lepri di 1 anno e dal 29% da esemplari più anziani (Flux, 1970).

In *L. timidus* sono descritte fluttuazioni delle popolazioni particolarmente ampie, come in Scozia dove sono stati osservati valori massimi di abbondanza fino a 59 volte quelli minimi degli stessi territori (Watson et al., 1973). Le fluttuazioni a volte presentano un carattere ciclico ed un sincronismo a livello regionale.

Tra aree geografiche distanti la periodicità dei cicli risulta differente (Angerbjörn e Flux, 1995). In Scozia i cicli avrebbero una periodicità grossomodo decennale, in Finlandia sarebbero di 4-5 anni e nel Nord della Svezia di 3-4 anni (al Sud del Paese non vi sarebbe ciclicità).

Tra le ipotesi sulle possibili cause responsabili delle fluttuazioni demografiche si citano la predazione (anche come fenomeno secondario rispetto a crolli di abbondanza delle popolazioni di arvicole e altri micromammiferi), i parassiti e le carenze alimentari legate anche a condizioni climatiche avverse, tra cui le caratteristiche della coltre nevosa (Angerbjörn e Flux, 1995).

Scherini e Tosi (1989) hanno segnalato una correlazione stretta tra il successo riproduttivo di questa specie e quello del Fagiano di monte, probabilmente condizionati dall'andamento climatico a livello locale.

In Italia sono assai scarse le informazioni disponibili per valutare la dinamica delle popolazioni di Lepre variabile, soltanto alcune limitate statistiche venatorie consentono di trarre indicazioni sulla possibile tendenza delle stesse, soprattutto a livello locale.

Esemplari marcati e traslocati in Finlandia, Svezia e Norvegia sono stati ripresi per il 55% entro 4 chilometri, per il 20% tra 4 e 9 chilometri, per il 15% tra 9 e 29 chilometri, per il 9% tra 29 e 100 chilometri e per l'1% a circa 200 chilometri dal punto di rilascio (Angerbjörn e Flux, 1995).

Nel periodo invernale e in presenza di consistenti coltri nevose la Lepre variabile può compiere spostamenti di 5-10 chilometri per raggiungere aree meno innevate; in questi casi possono verificarsi concentrazioni di individui in aree relativamente ristrette. Nelle Alpi si possono osservare escursioni di tipo altitudinale in inverno e primavera (comunque sopra i 700 m s.l.m.).

Le densità delle popolazioni sono molto variabili da un'area all'altra e nel tempo, a causa delle citate fluttuazioni demografiche. Sono documentate densità di pochi individui/km (fino a 6) in vaste aree di Svezia, Finlandia e Russia (europea), così come densità di 200-400 individui/ km nella Yacuzia (Russia) e localmente in Svezia (Angerbjörn e Flux, 1995).

Differenze marcate di densità sono note anche in Scozia dove nelle migliori aree del Nord-est si segnalano densità massime di 245 lepri/km, mentre in quelle occidentali risultano di appena 0,14 lepri/km. Sulle Alpi le densità sono generalmente basse (benché non si disponga di attendibili dati di censimento).

Nella Lepre variabile è soprattutto la mortalità invernale a regolare la dinamica delle popolazioni. In Svezia sono state accertate perdite invernali del 58 - 81% in aree rispettivamente con bassa ed elevata presenza di predatori.

Nei giovani la mortalità tra lo svezzamento e l'autunno è risultata del 25%, durante l'inverno, in presenza di scarsa pressione da parte dei predatori, è risultata del 64% e nelle aree con molti predatori dell'84% (Angerbjörn, 1992). Per le aree alpine non sono note informazioni a tale riguardo, ma le basse densità di popolazione generalmente riscontrabili lasciano intuire l'esistenza di una forte selezione naturale.

Tra le cause di mortalità la predazione sembra essere quella principale e tra le specie più importanti vi sono soprattutto la Volpe e l'Aquila reale (ove presenti anche il Gatto selvatico ed il Lupo); nell'arco alpino altri predatori sono l'Ermellino, la Martora, la Lince (benché rara e localizzata), il Gufo reale, la Poiana e occasionalmente i Corvidi. Condizioni climatiche avverse possono debilitare gli esemplari ed accrescere le perdite per predazione e malattie.

Il parassitismo può ricoprire un ruolo importante quale fattore di debilitazione degli individui nelle aree ove si verificano elevate concentrazioni di esemplari.

Si segnalano anche i rischi sanitari potenzialmente conseguenti ai ripopolamenti con *L. europaeus* nella Zona Faunistica delle Alpi, in quanto possono alterare (introducendo e diffondendo agenti patogeni comuni) il delicato equilibrio ospite-parassita, in una specie già soggetta ad un'elevata selezione naturale.

La caccia è un'altra importante causa di mortalità per le popolazioni di Lepre variabile, anche se da tempo è in atto in Italia una riduzione dei cacciatori che praticano attivamente il prelievo della specie con i cani da seguita. In forma più occasionale la Lepre variabile è abbattuta da cacciatori dediti alla ricerca dei Galliformi alpini.

Comportamento

Come le altre lepri *L. timidus* ha abitudini prevalentemente crepuscolari e notturne, ma nelle regioni più settentrionali dell'areale si assiste ad un incremento dell'attività diurna nel periodo estivo quando le notti sono corte.

Nel periodo riproduttivo (febbraio-giugno) si assiste ad un incremento dell'attività diurna, come nel caso di femmine in pastura o per le esigenze del corteggiamento (Hewson, 1996). In estate l'alimentazione inizia fino 2 ore prima del tramonto e termina 2-3 ore dopo l'alba; in autunno e inverno inizia al tramonto e termina all'alba.

Possono formarsi gruppi di esemplari intenti ad alimentarsi, a volte numerosi (fino a 70-100), probabilmente per esigenze di socializzazione (tra le nostre lepri è questa la specie più «sociale») e per una migliore difesa dai predatori.

Durante il pascolo le lepri volgono il groppone al vento. Di giorno la Lepre variabile rimane di solito al covo tra cespugli (erica, mirtillo, pino mugo, rododendro ecc), rocce o in anfratti naturali, anche all'interno di formazioni boschive. Se non disturbata la Lepre variabile può riutilizzare il medesimo covo per settimane, oppure può cambiarlo per le mutate condizioni climatiche.

Nella fuga si mantiene a lungo al coperto e può occasionalmente entrare in cavità naturali. Nel periodo riproduttivo i maschi rintracciano le femmine grazie ai messaggi odorosi di ghiandole, come quelle inguinali, la cui secrezione aumenta in questo periodo (Sokolow et al., 1987).

Essi possono seguire una femmina per ore rimanendo ad una distanza di 2-20 m e le femmine, che appaiono dominanti sui maschi, possono reagire a colpi di zampe e con le orecchie abbassate sul dorso se essi si avvicinano troppo (Flux, 1970).

L'accoppiamento può avvenire da parte di più maschi nel corso di scaramucce e combattimenti simili a quelli descritti per *L. europaeus*. Studi di radio-tracking realizzati da Hewson (1990) indicano che le dimensioni degli *home range* sono maggiori nella stagione riproduttiva, sia nei maschi (113 ± 19 ettari), che nelle femmine (89 ± 17 ettari).

Le dimensioni sono comunque variabili in relazione alla qualità dell'habitat ed alla densità di popolazione. Gli *home range* possono sovrapporsi (particolarmente nelle aree di pascolo) senza che si osservi conflittualità tra gli individui o l'allontanamento dei giovani (Hewson, 1990).

Stato di conservazione

Il trend delle popolazioni di *L. timidus* appare sostanzialmente stabile su gran parte dell'areale, salvo sull'arco alpino ove le popolazioni sembrerebbero aver risentito di una certa flessione da alcuni decenni (Sulkava, 1999), probabilmente per cause antropiche (erosione dell'habitat, disturbo, caccia non commisurata alla produttività naturale delle popolazioni ecc.).

La condizione della specie nell'arco alpino italiano non sembra discostarsi dal quadro complessivo dell'area alpina. L'esame di alcune limitate statistiche venatorie denota chiaramente la modesta abbondanza della specie sul territorio (pur con fasi di momentanea ripresa), ma una relativa stabilità delle popolazioni (ad eccezione di Sondrio).

Rispetto a valutazioni riferite da vari Autori nel passato (Perlini, 1923; Arrigoni degli Oddi, 1927) è possibile che si sia verificato un peggioramento della condizione della specie; deve comunque notarsi che gli stessi Autori la consideravano generalmente scarsa, salvo limitate eccezioni.

2.3.4. *Lepus «capensis» mediterraneus*

Distribuzione

La Lepre sarda è distribuita su gran parte dell'Isola. Non sono note variazioni di distribuzione e di status in tempi storici e si può considerare che anche in passato la specie fosse pressoché ubiquitaria (Anonimo, 1938).

Morfologia

La Lepre sarda è simile nell'aspetto generale alla Lepre europea, ma nettamente più piccola (fig. 2.11.). La parte superiore del corpo appare di colorazione fulva cosparso di macchiette nere.

I peli intermedi presentano la seguente successione dei colori partendo dalla base: grigio-azzurro, nero, fulvo e apice nero relativamente lungo (responsabile delle tonalità scure del mantello). La testa appare nerastra soprattutto al vertice.

Le orecchie presentano al margine laterale un bordo biancastro ben contrastato ed evidente. Area chiara periorbitale ben evidente. Nuca e parte dorsale del collo con macchia bruno-ruggine o oca; parte anteriore del petto fulvo-pallida come quella mediale degli arti anteriori. Mento bianco opaco o fulvo-pallido. Groppone meno fulvo del dorso, tendente al grigiastro.

Coda dorsalmente nera ai lati e ventralmente bianca. Fianchi di colore fulvo chiaro degradante verso il bianco ventrale. Gli arti sono privi di zone bianche; le superfici mediali degli arti sono poco più chiare di quelle laterali, soprattutto negli anteriori; nei posteriori la colorazione laterale giallastra contrasta con quella fulva del dorso (Trocchi *et al.*, 2003).



Figura 2.11. Esemplare di Lepre sarda

I leprotti nascono con gli occhi aperti, coperti di pelo e sono in grado di muoversi dopo poche ore come nelle altre lepri. Il peso alla nascita è di 61-127 g (Deiana e Murgia, 1999). Beccu e Fassò (1993) hanno studiato l'accrescimento dei giovani di Lepre sarda allevati in cattività fino al momento della maturità sessuale, quando raggiungono il peso di circa 1,5 kg. L'inizio della maturità sessuale è indicato a 5-6 mesi (Deiana e Murgia, 1999).

Non sono note variazioni fenotipiche dovute all'età, all'andamento stagionale, all'habitat o alla distribuzione geografica. Nessuna differenza significativa è stata evidenziata tra i sessi rispetto alle misure del cranio e della mandibola (Riga *et al.*, 2001), né nelle tonalità del mantello.

In cattività è stata accertata una longevità di almeno 8 anni (Fassò, com. pers.).

Riconoscimento del sesso

Il riconoscimento del sesso è analogo alla Lepre europea.

Determinazione dell'età

Da uno studio condotto su un campione di n. 97 esemplari di Lepre sarda (Trocchi et al., 2003b) di età nota si è rilevato che il rapido accrescimento ponderale del cristallino in *L. «c.» mediterraneus* osservato fino all'età di 9-12 mesi è del tutto analogo a quello riscontrato in altri Leporidi (es.: Myers e Gilbert, 1968 per *Oryctolagus cuniculus*; Pepin, 1974 per *L. europaeus*; Walhovd, 1965 per *L. timidus*).

Questa caratteristica consente di stimare con sufficiente attendibilità l'età degli esemplari dell'anno, per cui in studi sull'*age ratio* di popolazioni naturali (es.: attraverso l'analisi dei carnieri), anche grazie ad un rallentamento dell'attività riproduttiva nel periodo autunnale, si potranno distinguere i giovani dagli adulti con accettabili margini d'errore.

Nei primi due mesi circa dalla nascita i leprotti presentano un PSC con incrementi ponderali particolarmente elevati, tanto che la crescita risulta di tipo lineare ed è quindi possibile stimare l'età (in giorni) dell'esemplare. Per quanto riguarda le lepri adulte la stima presenta margini d'errore progressivamente crescenti con l'età.

Preferenze ambientali

La Lepre sarda vive in tutti gli ambienti dell'Isola, dalle pianure alle montagne, ma preferisce le aree collinari caratterizzate da piccoli appezzamenti coltivati a seminativi alternati a boschetti (anche artificiali), macchia mediterranea e praterie naturali (Deiana e Murgia, 1999; Spagnesi, 1999).

Onida et al. (1995) analizzando gli home ranger di tre lepri seguite con tecnica di *radiotracking* hanno confermato l'importanza delle aree a macchia mediterranea, che se rada e frammista a vegetazione erbacea può occupare l'intero *home range*.

Alimentazione

Non sono noti studi sull'alimentazione della Lepre sarda.

Riproduzione

La Lepre sarda si può riprodurre in ogni periodo dell'anno analogamente alla Lepre italiana, testimoniando lo specifico adattamento di queste forme agli ambienti a clima mediterraneo. Il numero medio dei nati per parto è di 1,56 e varia normalmente da 1 a 3, tuttavia eccezionalmente può essere di 4 leprotti. In cattività si registrano in media 4 parti all'anno, più spesso da 3 a 6 e fino a 8 parti nelle femmine più prolifiche.

La riproduzione può avvenire già nell'anno di nascita e mantenersi fino all'età di sei anni (Beccu e Fassò, 1993; Fassò e Licciardi, com. pers.). Nell'ambito di un campione di 767 lepri (giovani e adulte) abbattute in tre stagioni di caccia Deiana e Murgia (1999) hanno accertato un rapporto giovani/adulti di 1,5 e un rapporto maschi/femmine di 0,92.

Demografia

Negli ultimi anni sono stati effettuati censimenti di lepri in diverse aree campione, sia con la tecnica dello *spot light census* sia con quella del *belt assessment* (Deiana & Murgia, 1996; Lisini *et al.*, 1998; Deiana & Murgia, 1999).

I risultati di queste verifiche dimostrano la presenza di densità primaverili generalmente basse anche nelle aree protette, con eccezioni localizzate.

Nella provincia di Oristano i carnieri di Lepre sarda realizzati nel 1993 nell'ambito di 39 territori di caccia autogestita, per una superficie complessiva di 37.853 ettari, sono risultati in media di 1,92 (D.S. $\pm 2,13$) esemplari per km (Onida *et al.*, 1995).

La dinamica di popolazione nella Lepre sarda non è ancora chiara e richiede ulteriori studi. Si sono rilevati costanti incrementi di popolazione da maggio a dicembre ed una leggera flessione in gennaio all'interno di un'area protetta (Onida *et al.*, 1995).

Soprattutto il dato di novembre sembra condizionato dalla contattabilità delle lepri in relazione al grado di copertura della vegetazione ancora alta.

Comportamento

Uno studio preliminare sul comportamento della Lepre sarda è stato eseguito da Onida *et al.* (1995) applicando la tecnica di *radio-tracking* a due maschi ed una femmina catturati e rilasciati sul posto. Gli Autori hanno definito gli *home ranges* dei singoli esemplari e la loro evoluzione nel tempo.

Nel primo mese dopo il rilascio le lepri non si sono allontanate dal luogo di cattura ed hanno utilizzato degli *home range* relativamente piccoli, mentre nei successivi mesi di novembre e dicembre, ovvero in coincidenza con una fase caratterizzata da una minore attività riproduttiva, gli *home range* dei maschi sono molto aumentati sovrapponendosi soprattutto nelle zone di alimentazione.

Quest'ultimo comportamento sembra indicare l'esistenza di un periodo di minore competizione tra i maschi. In gennaio gli *home ranges* dei maschi si sono di nuovo molto ridotti, forse per la ripresa degli accoppiamenti.

Osservazioni sul campo nel periodo riproduttivo confermano la formazione di piccoli gruppi, fino a 5-6 esemplari, attivi ad intervalli anche di giorno analogamente a quanto avviene in *L.europaeus* (Schneider, 1979), che alternano fasi di rincorsa, corteggiamento, combattimento e accoppiamento.

Stato di conservazione

Nei territori aperti alla caccia lo stato di conservazione delle popolazioni di Lepre sarda avrebbe subito un generale peggioramento negli scorsi decenni; dati relativi agli ultimi anni evidenziano comunque una sostanziale stabilità delle popolazioni, ma su bassi valori di densità: 1-5 esemplari / km² su circa il 50% del territorio idoneo alla specie, 5-10 esemplari / km² sul 37% (Fleba e Pinna, 1997).

3. AREA DI STUDIO

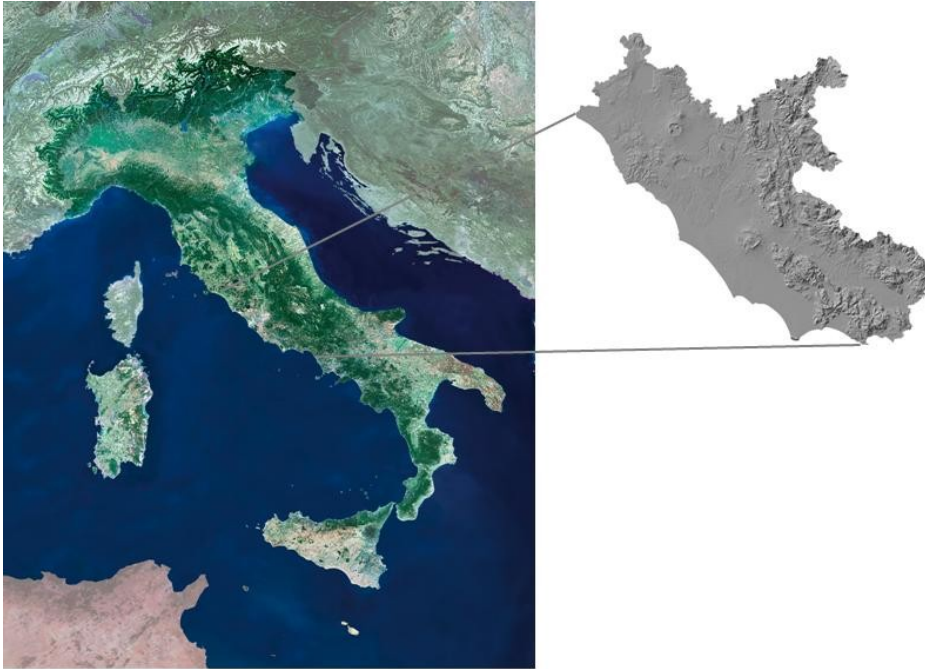


Figura 3.1 –Area di studio

L'area di studio coincide con i limiti amministrativi della Regione Lazio (Figura 3.1). Per quanto riguarda la scelta delle aree da indagare, sono stati creati in ambiente GIS, e sulla base di conoscenze pregresse, modelli di distribuzione potenziale per la specie su scala regionale (Lo Valvo *et al.*, 1997, Macchia *et al.*, 2006). Nel presente studio, si è scelto di non assumere criteri restrittivi per non escludere dalle indagini coperture vegetazionali e località non ancora indagate da precedenti ricerche.

Il Lazio è una regione di 17.207 kmq, con paesaggi che vanno dal mare e dalle isole tirreniche alle vette appenniniche, ricca di ambienti naturali che la rendono una delle regioni con maggiore biodiversità nell'ambito della penisola (Bulgarini *et al.*, 2006).

L'orografia della regione è varia (Ielardi 2006); nel settore nord-orientale prevalgono i rilievi, spesso aspri e accidentati con altitudini dell'ordine dei 2000 m dell'appennino Laziale-Abruzzese. Se si eccettua la Pianura Pontina, sono ben poche le aree pianeggianti del Lazio, quasi sempre limitate ad una stretta fascia costiera o a quelle situate lungo le sponde dei principali corsi d'acqua che la percorrono quali il Tevere, il Sacco e il basso corso del Liri-Garigliano; sono da ricordare inoltre il bacino in tramontano di Rieti e la piccola piana di Fondi.

Il clima del Lazio, se si eccettuano le aree più interne che corrispondono grosso modo anche alle aree geograficamente più elevate, è decisamente di tipo mediterraneo, con inverni miti ed estati siccitose. Il periodo più piovoso va dalla seconda metà di ottobre all'ultima decade di dicembre. Il periodo più freddo è normalmente legato al mese di gennaio, mentre in primavera il rialzo termico è piuttosto notevole e porta ad una stagione estiva caratterizzata da scarsità o assenza totale di precipitazioni e una temperatura non eccessivamente calda, per l'azione della brezza marina (Ielardi 2006).

Le formazioni vegetali tipiche del Lazio sono rappresentate soprattutto dalla macchia mediterranea, mista a lecci e querce nelle aree di collina (Blasi, 1994), caratteristiche ambientali particolarmente vocate alla presenza della lepre, da boschi di castagni nell'alta collina e da faggete alle quote di media montagna. I monti laziali sono estesamente occupati dal nudo pascolo. Una varietà di ambienti che è ben rappresentata nel Sistema Regionale delle Aree Naturali Protette del Lazio (Ielardi 2006).

La fauna del Lazio è varia e annovera fra i mammiferi il lupo appenninico, l'orso marsicano, il cinghiale, l'istrice, il riccio, la donnola, la puzzola, la volpe, lo scoiattolo, il daino, la martora, la lontra, il gatto selvatico, la lepre, il capriolo.

L'avifauna è a carattere sia stanziale che migratorio. L'aquila nidifica nei dirupi delle aspre montagne calcaree e fra i rapaci diurni troviamo i nibbi, gheppi, poiane e falchi. Fra i rapaci notturni gufi, civette, allocchi. Vari trampolieri e palmipedi sono di passo nelle zone umide laziali e tra questi le gru, gli aironi, molte specie di anatre, beccacce e svassi. I rettili sono rappresentati da vipere, orbettini e varie specie di lucertole. Tra gli anfibi urodela sono comuni le salamandre. Numerosissime sono le specie appartenenti alla fauna entomologica (Ielardi 2006).

4. MATERIALI E METODI

4.1. Tecniche di campionamento utilizzate

Nel presente studio, sono state impiegate due tecniche di campionamento, una diretta ed una indiretta:

La prima si basa sull'osservazione e sul riconoscimento diretto degli individui (*cf.* Trocchi e Riga, 2005) ed è stata impiegata per definirne la distribuzione e l'abbondanza relativa all'interno dell'area di studio di *Lepus corsicanus* e *Lepus europaeus*.

La seconda, invece, opera in modo indiretto e si compone di due fasi indipendenti: la raccolta di campioni organici degli animali, nel nostro caso degli escrementi freschi, e la loro successiva determinazione specifica tramite l'analisi genetica effettuata in laboratorio da parte dei genetisti (Pierpaoli *et al.*, 2007).

4.1.1. Avvistamenti notturni con i fari

La scelta delle tecniche di campionamento è vincolata alla specie oggetto di studio ed alle sue caratteristiche comportamentali, che influiscono sulla sua maggiore o minore contattabilità.

Per le lepri il massimo della contattabilità, si ha nelle ore crepuscolari e notturne quando esse escono dai rifugi diurni e frequentano aree aperte per espletare varie attività tra cui quella di alimentazione. Questo consente l'applicazione di tecniche di censimento col faro o *spot light census*.

Tale metodologia si basa sul presupposto, non ancora sufficientemente chiarito, che durante la notte le lepri si radunino nelle zone aperte, non solo per il foraggiamento, ma anche per attuare una più efficace difesa dai predatori. In base a tale assunto le lepri stimate nelle aree aperte corrisponderebbero di fatto a quelle complessivamente presenti nell'area di censimento.

Alcune condizioni metereologiche possono incidere sulla contattabilità delle lepri; oltre al grado di umidità dell'aria, influiscono negativamente: la pioggia, la neve, il vento forte e le temperature rigide (inferiori a 0°C). Alcuni autori ritengono che anche le notti molto luminose con la luna piena possono diminuire la reperibilità degli animali (Spegnesi & Trocchi, 1992).

In virtù di queste considerazioni di volta in volta abbiamo valutato se le condizioni fossero più o meno idonee ad effettuare le uscite.

I sopralluoghi volti all'avvistamento ed al riconoscimento delle specie sono stati effettuati durante le ore notturne, a partire dal luglio 2007 al maggio 2009 .

Tali tracciati sono stati individuati per mezzo delle carte topografiche e della cartografia tematica digitale in modo che fossero ben distribuiti sul territorio e rappresentativi delle varie tipologie ambientali e di uso del suolo presenti all'interno dell'area di studio.

La metodologia a bordo di fuoristrada consiste nel percorrere a velocità moderata e costante il transetto illuminando con i fari i lati del percorso; i fasci di luce vengono proiettati perpendicolarmente alla direzione di avanzamento, ciò è utile per standardizzare l'azione e per sfruttare al meglio le prestazioni del faro. È inoltre opportuno evitare di proiettare inutilmente la luce verso le zone ancora da perlustrare per evitare di mettere in allerta gli animali spingendoli alla fuga (Spegnesi & Trocchi, 1992).

La profondità della fascia di esplorazione è stata mantenuta, entro un margine di sicurezza di 150 m poiché all'aumentare del fascio di luminoso diminuisce la sua incidenza al suolo ed aumenta la percentuale di terreno in ombra, dove possono trovarsi degli animali, inoltre a distanze troppo elevate cala inevitabilmente la capacità diagnostica del rilevatore.

In tutti i censimenti sono stati coinvolti almeno tre operatori, di cui due addetti all'avvistamento degli animali, al loro riconoscimento ed alla registrazione dei dati, mentre il terzo era alla guida del veicolo, nel caso di utilizzo del mezzo fuoristrada.

La strumentazione utilizzata per tali operazioni si compone di: due fari alogeni, (*LightForce –ML 2406*, 1 milione di cand.) collegati alla batteria dell'auto, oppure a batterie portatili nel caso di uscite a piedi, e di un binocolo (*Eschenbach - 8 x 32*) per l'identificazione degli animali. Inoltre è stata compilata una scheda di campo come quella in fig.4.1.

SCHEDA N	AREA CAMPIONE	LOCALITA'	TRANS. NUMERO	KM PERCORSI A-R	DATA	NUM.GPS	WP INIZIO	FI N E
			ID					
ORA INIZIO		ORA FINE	TEMPERATURA		UMIDITA'		PRE SS	
TEMPERATURA		UMIDITA'	TEMPERATURA		UMIDITA'		PRE SS	

CONDIZIONI METEOROLOGICHE

CIELO	0; 0-1/4; 1/4-1/2; 1/2-3/4; 1	VENTO	Assente, debole, medio, forte	SUOLO	Asciutto; umido; bagnato
PIOGGIA	Assente, debole, medio, forte	LUNA	0; 0-1/4; 1/4-1/2; 1/2-3/4; 1	PASCOLO	Assente Bovino, equino, ovino, suino

OSSERVAZIONI DIRETTE DI LEPRE

ID	ORA	KM	SPECIE	NUM	WP	DIST	ANG	AMB	ATT	TEMP	UMID	PRESS	NOTE
			L.e L.c										
			L.e L.c										
			L.e L.c										

OSSERVAZIONI ALTRE SPECIE

ID	ORA	SPECIE	NUM	WP	AMBIENTE	ID	ORA	SPECIE	NUM	WP	AMBIENTE

LEGENDA TIPO DI AMBIENTE

PRATERIA (P)	FRUTTETO (F)	MACCHIA MEDITERRANEA (MM)	BOSCO MESOFILO (BM)	VIGNETO (V)	SEMINATIVO (S)	ALTRO(A)
PASCOLO (PP)	OLIVETO (O)	RADURA IN BOSCO (RB)	BOSCO CONIFERE (BC)	INCOLTO (I)	CESPUGLIETO (C)	NON DETETMINATO

Figura 4.1. Scheda di campo per censimento Notturmo

Il metodo del censimento con il faro offre un alto grado di flessibilità nella raccolta ed analisi dei dati, purché vengano rispettati tre assunti fondamentali (Meriggi , 1989).

Il primo è che gli animali eventualmente presenti sul transetto siano sempre contattati, la violazione di questo assunto porta ovviamente ad una sottostima della densità.

Il secondo assunto, importante per le analisi dell'uso e selezione delle categorie vegetazionali, è che gli animali siano contattati nella loro posizione iniziale e che la localizzazione di avvistamento non sia in realtà conseguenza di una reazione di fuga rispetto agli osservatori. Sono nel rispetto di questo caso le frequenze di avvistamento in una determinata categoria vegetazionale possono essere impiegate come indice di uso della stessa.

Il terzo assunto è che la contattabilità delle lepri, da parte degli osservatori, non siano influenzate dalle diverse strutture vegetazionali delle varie categorie.

4.1.2 Riconoscimento in natura di *L. corsicanus* e *L. europaeus*

Il riconoscimento in natura della Lepre italiana e la sua distinzione dalla Lepre europea non è agevole, specialmente se l'animale è in movimento.

Nel corso di un avvistamento notturno con i fari, nel tempo, spesso breve, in cui si riesce a tenere illuminato l'animale, occorre focalizzare l'attenzione sulle caratteristiche più evidenti che consentono di discriminare le due specie.

La posizione in cui l'animale si trova è fondamentale; infatti, se esso volge il fianco all'osservatore è possibile osservare la colorazione dorso-ventrale e quella della coscia che sono le caratteristiche che più risaltano (figg. 4.2.e 4.3.b). È possibile il riconoscimento anche se l'animale volge il dorso, tramite l'osservazione del colore della nuca (fig. 4.4.); più complessa diventa l'operazione se invece il soggetto è posto di fronte.



Figura 4.2 - Caratteristiche salienti della colorazione del mantello di *L. europaeus* (sinistra) e *L. corsicanus* (destra) a confronto.

a)



b)



Figura 4.3 – Colorazione della nuca e della coscia di *L. europaeus* (sinistra) e *L. corsicanus* (destra) a confronto.



Figura 4.4. – Particolare della nuca di *L.europaeus* (a sinistra) e *L. corsicanus* (a destra)

4.1.3 Raccolta di escrementi

Il campionamento genetico applicato rientra fra le tecniche molecolari non-invasive, strumenti utili e importanti per poter studiare, a fini conservazionistici e gestionali, specie minacciate o le cui conoscenze siano ridotte. La tecnica, precedentemente messa a punto (Pierpaoli et al., 1999; 2007) si basa sull'identificazione specifica della Lepre mediante l'isolamento e l'individuazione di marcatori mitocondriali delle coproDNAsi. In una precedente ricerca (Pierpaoli et al., 2007) è stato rilevato che sull'analisi in cieco di 28 escrementi di nota provenienza, la concordanza tra identificazione genetica della specie e classificazione morfologica, effettuata anch'essa in cieco, è stata del 100%. Il protocollo applicato dal laboratorio di Biologia Molecolare NGB Genetics di Ferrara effettua l'estrazione del DNA da materiale fecale di *Lepus* sp., raccolto in campo. In particolar modo il marcatore utilizzato per l'individuazione dei polimorfismi diagnostici è il Citocromo b (Cyt b); per le tecniche di laboratorio si rimanda ai lavori specifici (Pierpaoli et al., 1999; 2007).

Le scarse informazioni disponibili sulla Lepre italiana hanno indotto a non escludere dalla ricerca alcuna tipologia vegetazionale; quindi l'attività di campo è stata programmata mediante una procedura di estrazione di punti del tutto casuali, con un software GIS. La base cartografica su cui sono stati estratti due turni di 500 punti casuali (distanti fra loro non meno di 700 m) è stata generata appositamente e comprende tutte le aree in cui l'attività venatoria è preclusa.

Tale carta è stata ottenuta dall'integrazione della cartografia delle AANNPP della Regione Lazio del 2007 e delle aree precluse alla caccia nel Piano Faunistico-Venatorio regionale del 2007-2012, includendo in tal modo le aree protette sensu L. 394/91, 157/92, L.R. 17/95

Le uniche categorie di uso del suolo escluse sono rappresentate dalle acque, dall'urbanizzato e dall'agricolo intensivo. E' stata, infine, esclusa una distanza di sicurezza dalle strade maggiori.

Il DNA si mantiene in maniera ottimale o quasi, per almeno 72 ore dalla deposizione degli escrementi sul terreno (Pierpaoli et al. 2007): la necessità di raccogliere esclusivamente escrementi freschi ha posto l'esigenza di prelevare le fatte di lepre solo dopo almeno 3 giorni di buon tempo, al fine di evitare confusioni fra campioni freschi e campioni inumiditi dalla pioggia.

Per quanto la metodica di laboratorio sia comprovata, la progettazione del campionamento è stata del tutto innovativa. L'attività di campo ha previsto la ricerca degli escrementi su base regionale in punti casualmente individuati; da tali punti sono stati percorsi transetti di 300/600 m a seconda della positività della ricerca di escrementi: nel caso di transetto negativo ci si è fermati ad una distanza lineare di 300 m dal punto di inizio di esplorazione continua del terreno (il tragitto realmente effettuato non è mai stato lineare, nell'intento di battere più terreno possibile e la fascia esplorata è stata almeno di 10 m). Nel caso del ritrovamento di escrementi freschi in tale esplorazione (transetto positivo), sono stati percorsi altri 300 m lineari, durante i quali la ricerca è stata concentrata in 7 siti di diametro di 10 m.

Una volta individuati sul terreno, per ogni cumulo sono stati prelevati due *pellet* che, in base alla vicinanza, al grado di freschezza, alla forma ed alla dimensione sono stati giudicati appartenere allo stesso individuo, quindi ciascun cumulo ha costituito un campione.

In presenza di più cumuli ravvicinati tra loro (entro 50 cm.), sono stati raccolti più campioni per un singolo punto georeferito, per non rischiare di tralasciare escrementi che potessero appartenere alla Lepre italica.

Ciascun campione è stato identificato mediante un codice alfanumerico univoco. Gli escrementi raccolti sono stati disidratati velocemente mediante etanolo al 95%, conservati a -20° C, come richiesto da esigenze tecniche e in seguito sono stati spediti al laboratorio di analisi.

Il grado di freschezza è stato saggiato visivamente ed al tatto. Il colore degli escrementi, infatti, appare verde scuro rispetto al giallo paglierino di quelli secchi, mentre al tatto i pellet risultano più umidi e scivolosi data dalla copertura superficiale di muco.

Per non creare problemi di contaminazione genetica i pellet toccati per il riconoscimento non sono stati inclusi nel campione, ed i successivi sono stati prelevati dal terreno per mezzo di una pinzetta, che si è provveduto a pulire dopo ogni raccolta.

La presente metodologia è stata impiegata con l'obiettivo di rilevare la presenza/assenza delle due specie per avere un'indicazione della loro distribuzione nei diversi tipi di ambienti all'interno dell'area di studio senza voler dare alcuna indicazione di densità, è stato quindi adottato un metodo opportunistico.

Il fatto di poterci muovere liberamente nelle diverse aree di campionamento, è risultato particolarmente vantaggioso, poiché, a parte alcune zone circoscritte, la densità degli escrementi freschi, soprattutto in ambienti di pascolo molto ampi, è risultata particolarmente bassa, ed il loro reperimento ha richiesto molte ore di cammino ed una perlustrazione diffusa del territorio.

Gli escrementi delle lepri sono composti da un numero variabile di *pellet* depositi a cumulo sul terreno o più o meno ravvicinati tra loro (fig 4.5.).



Figura 4.5. – Escrementi di lepre su prato e su neve.

In appendice viene riportato il protocollo di raccolta da campo distribuito a tutti gli operatori delle AANNPP che hanno partecipato all'attività di campionamento.

Per ciascun transetto, marcato mediante GPS, sono stati raccolti dati sulla tipologia ambientale presente, sulla presenza di erba fresca e di segni di presenza di pascolo domestico e di Mammiferi; gli stessi dati sono stati anche raccolti per ogni sito di ricerca nei transetti positivi. I dati annotati in campo su un'apposita scheda (fig. 4.6.) sono stati riportati in un *data base* informatico espressamente creato.

SCHEDA RACCOLTA FECI												
MACROAREA										N° GPS		
DATA	S	I	N°	N°	T	N°	N°	E	P	COMPILATORE	FOTO	NOTE
	G	S	P	TOT	I	W	W	R	A			
	L	A	E	P	P	P	P	A	S			
	e	Z	L	E	A	I	F	F	O			
	T	I	L	L	M	N	I	R	L			
	R	O	E	L	B	I	N	E	O			
	A	N	T	E								
	A	N	T	E								
	N	E		T		Z	E	S				
		A										
		B										
		C										
		D										
		E										
		F										
		G										
PUNTI CASUALI												
ID PUNTI CASUALI	DATA	WP	GPS	N°	N° TOT	TIP AMB	COMPIL	IN TRANS n°	NOTE			
ALTRE SPECIE												
DATA	SPECIE	ID	N°	WP	GPS	TIP AMB	TIPO OSS	TRANS N°	H	NOTE		

Figura 4.6. – Scheda da campo per la raccolta dei dati durante il campionamento genetico

4.2. Analisi genetica

Questa metodica di analisi genetica consiste:

nell'estrazione e conservazione di campioni di DNA da campioni biologici di vario tipo (tessuti, sangue, escrementi);

nell'amplificazione selettiva, mediante reazione di polimerasi del DNA (PCR), di specifici geni o tratti di DNA (DNA mitocondriale per l'identificazione delle specie);

sequenziamento e tipizzazione molecolare dei marcatori genetici amplificati, utilizzando strumentazioni dedicate all'analisi automatica del DNA.

I campioni sono stati conservati in Etanolo 95% dal momento della raccolta e a -20°C dal momento dell'arrivo in laboratorio. La conservazione in etanolo è molto efficiente nel preservare il DNA e può essere utilizzato direttamente sul campo, limitando quindi il tempo di degradazione del materiale genico dal momento della raccolta del campione.

Secondo la nostra esperienza, comunque, per una buona conservazione dei campioni, è sufficiente anche, porli in alcool al rientro dall'escursione giornaliera.

Mediante il metodo di Gerloff *et al.*(1995), il DNA è stato estratto, previo digestione (con proteinasi) o distruzione (con guanidina tiocianato) dei tessuti, dai campioni fecali e recuperato tramite precipitazione alcolica od eluizione.

Il DNA, diluito in soluzione tampone sterile è conservato congelato a -20°C, in questo modo se ne garantisce la stabilità per molti anni, dalla defecazione della specie.

Sulla base di precedenti lavori (Pierpaoli *et al.*, 1999), si è ritenuto che il gene del Citocromo b (Cyt *b*), localizzato nel genoma mitocondriale, fosse il marcatore più adatto all'individuazione dei polimorfismi diagnostici necessari alla discriminazione delle due specie, grazie alle sue caratteristiche di evoluzione molecolare ed alla sua grande abbondanza nelle cellule, che lo rende più facilmente amplificabile del DNA nucleare.

Il DNA mitocondriale è una molecole apolide, circolare, a filamento doppio, generalmente composta da 20.000-30.000 nucleotidi, che viene ereditata solo per via materna.

Con la tecnica della reazione a catena della DNA polimerasi o PCR (*Polymerase Chain Reaction*) è possibile amplificare una regione specifica del DNA che contiene la sequenza nucleotidica di interesse.

La PCR sfrutta alcune peculiarità della duplicazione del DNA ad opera della DNA polimerasi, che necessità di un filamento singolo come stampo per la sintesi di un filamento complementare, questo può essere prodotto semplicemente riscaldando la doppia elica a temperature prossime a quella di ebollizione. Il punto d'inizio della sintesi viene specificato fornendo come innesco un corto oligonucleotide (primer) che si appai nelle immediate vicinanze del segmento di DNA che si vuole amplificare.

L'amplificazione ed il sequenziamento di campioni noti di *L. corsicanus* e *L. europaeus* ha permesso di individuare alcuni polimorfismi in grado di discriminare le due specie di lepre.

Utilizzando il software Primer3 (Rozen S, Skaletsky H, 2000) sono state sviluppate due coppie di *primers* specie-specifiche, tale caratteristica è stata ottenuta disegnando i *primers* in modo che l'estremità 3' fosse localizzata esattamente sul sito polimorfico diagnostico. In questo modo la reazione di PCR genera un prodotto solo se la coppia di *primers* disegnata per una delle due specie viene associata al DNA estratto dall'escremento di quella stessa specie, in caso contrario la reazione sarà negativa.

I prodotti di PCR generati sono inoltre di lunghezza diversa, così da consentirne una facile discriminazione tramite elettroforesi su gel di agarosio al 2%. I *primers* sono stati inoltre disegnati in modo da non generare alcun prodotto di amplificazione in presenza di DNA di coniglio.

La specificità dei *primers* è stata saggiata mediante amplificazione e sequenziamento di 20 campioni caratterizzati morfologicamente e geneticamente in precedenti studi (Riga *et al.* 2001, Pierpaoli *et al.* 1999). I campioni di *L. corsicanus*, in particolare, sono stati scelti in modo da rappresentare i gruppi geografici individuati nel corso di studi condotti in precedenza (Pierpaoli *et al.* 1999).

I risultati ottenuti indicano, quindi, che i *primers* sviluppati sono in grado di amplificare in maniera specifica campioni noti di *L. corsicanus* e *L. europaeus*. Queste caratteristiche, unite alle ridotte dimensioni dei frammenti amplificati, sono indispensabili per poter analizzare campioni sconosciuti di escrementi.

La capacità del sistema sviluppato di determinare la specie in campioni sconosciuti di escremento è stata provata attraverso l'analisi in di prova (*blind test*) di 28 escrementi forniti dall'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica. Su ogni campione sono state effettuate almeno 2 repliche dell'analisi. I risultati indicano una elevata percentuale di amplificazioni positive, infatti hanno dato esito positivo 18 dei 20 campioni analizzati (90%) e 36 delle 40 delle amplificazioni effettuate (90%). La concordanza tra identificazione genetica della specie e classificazione morfologica, effettuata in cieco, è stata del 100%.

I frammenti ottenuti tramite amplificazione di DNA da escrementi sono stati inoltre purificati e sequenziati, allo scopo di confermare la specificità della metodica. I risultati del sequenziamento hanno confermato la diagnosi di specie effettuata utilizzando il sistema descritto sopra.

Il sistema sviluppato si è dimostrato in grado di amplificare in maniera specifica frammenti di DNA diagnostici per *L. corsicanus* e *L. europaeus*. Il sistema si è inoltre rivelato efficace anche in campioni di escrementi, caratterizzati dalla presenza di elevate quantità di inibitori della PCR e dalla scarsa quantità e qualità di DNA bersaglio presente.

4.4. Metodi di elaborazione dei dati

4.4.1. Indice chilometrico di abbondanza (IKA)

I dati dei soli censimenti notturni sono stati utilizzati per il calcolo di un indice di abbondanza relativa per le due specie, denominato I.K.A (indice chilometrico di abbondanza).

Questo tipo di indice risulta più pratico rispetto alla tecnica di censimento utilizzata e si basa sulla possibilità di rapportare la presenza delle lepri ad una costante diversa dalla superficie, come nel nostro caso, la lunghezza di un percorso. Inoltre se ripetuto per diversi anni o nel corso di diverse stagioni può indicare la tendenza delle popolazioni, oppure se applicato ad aree diverse permette di discriminare diverse abbondanze relative in rapporto all'habitat, come nel presente caso di studio. L'indice chilometrico di abbondanza è dato dal numero di individui contati mediamente per chilometro di percorso standardizzato.

Per ogni transetto sono stati calcolati gli I.K.A. delle due specie in esame, La cifra ottenuta, corrispondente ai chilometri totali, è stata messa in rapporto con il numero totale di lepri (lepri/km), di ciascuna specie.

4.4.2. Variabili ambientali

Le osservazioni notturne e i siti di raccolta degli escrementi sono stati georeferenziati tramite un GPS palmare (*Garmin – E-Trex*) e riportati su carte in formato digitale per mezzo del Sistema Informativo Geografico *ArcGis 9.2*.

Tutte le osservazioni dirette di lepri adulte non identificate e di giovani (per i quali non è stato possibile determinare la specie) insieme alle localizzazioni degli escrementi per i quali l'analisi genetica ha dato esito negativo sono state escluse dalle successive indagini. Al fine di evitare problemi di autocorrelazione dei dati, dalle successive analisi sono inoltre state eliminate le doppie localizzazioni.

Una volta acquisiti i dati georeferiti è stato possibile elaborarli per mezzo di specifiche funzioni del GIS insieme all'appropriata cartografia tematica, al fine di ricavare da essi una serie di variabili ambientali. Tali variabili, scelte in base alla metodologia utilizzata, ed alle conoscenze acquisite circa i principali fattori che possono influire sulla distribuzione delle specie in esame, sono:

di carattere geomorfologico, quali l'altitudine, l'esposizione e l'acclività dei versanti;

di carattere climatico, quali l'indice di aridità, la media della temperatura media, la media della temperatura minima del mese di gennaio, la media della temperatura massima del mese di luglio, le precipitazioni annue e precipitazioni invernali ed estive;

legate all'uso del suolo, quali le tipologie ambientali relative alle localizzazioni e la distanza perpendicolare di queste ultime dal bordo del bosco più vicino.

Di seguito vengono mostrati i passaggi seguiti per l'estrapolazione di tali informazioni, facendo riferimento a dei punti casuali non corrispondenti alle localizzazioni degli animali.

L'altitudine è stata ricavata sovrapponendo i punti al Modello Digitale del Terreno, su cui sono riportate le curve di livello (fig. 4.7).

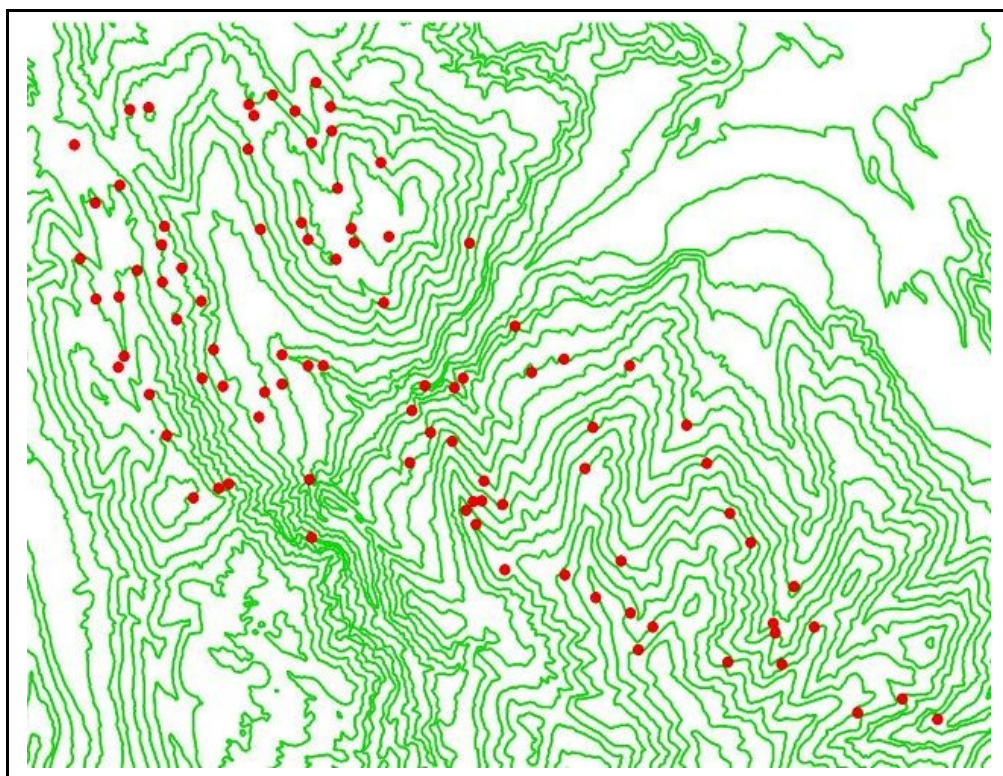


Figura 4.7. – Sovrapposizione del Modello Digitale del Suolo con esempio di localizzazioni (— Curve di livello; • localizzazioni).

Attraverso l'interpolazione delle isoipse il dato vettoriale è stato trasformato in *raster*, ottenendo così una carta di esposizione (fig. 4.8.) ed una di acclività dei versanti (fig. 4.9.) da cui sono state estratte tali informazioni.

Per i dati climatici è stata applicata la stessa procedura, estraendo le informazioni dai formati raster.

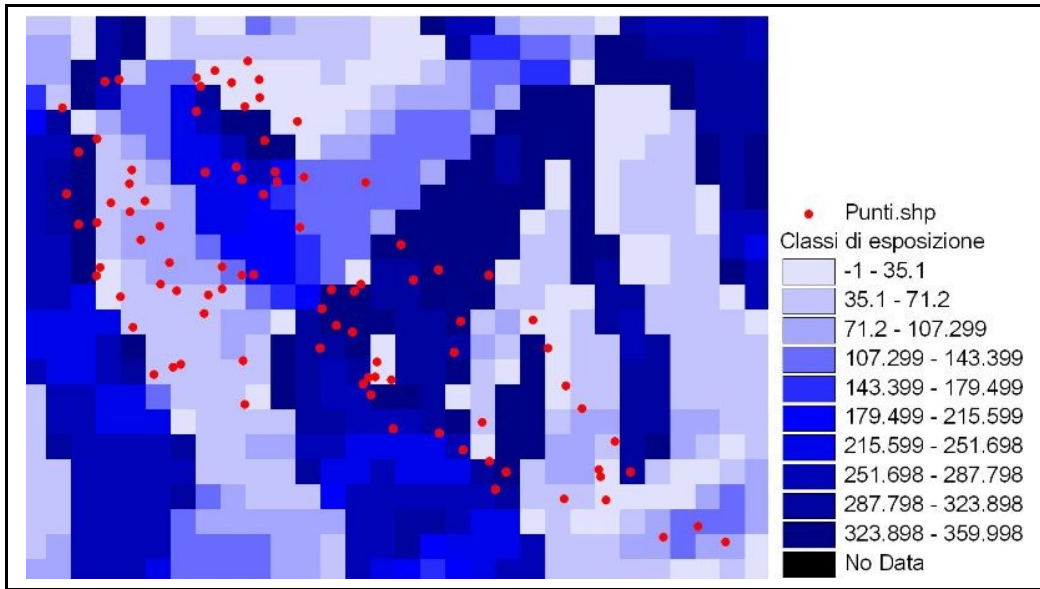


Figura 4.8. – Sovrapposizione della carta di esposizione con esempi di localizzazioni.

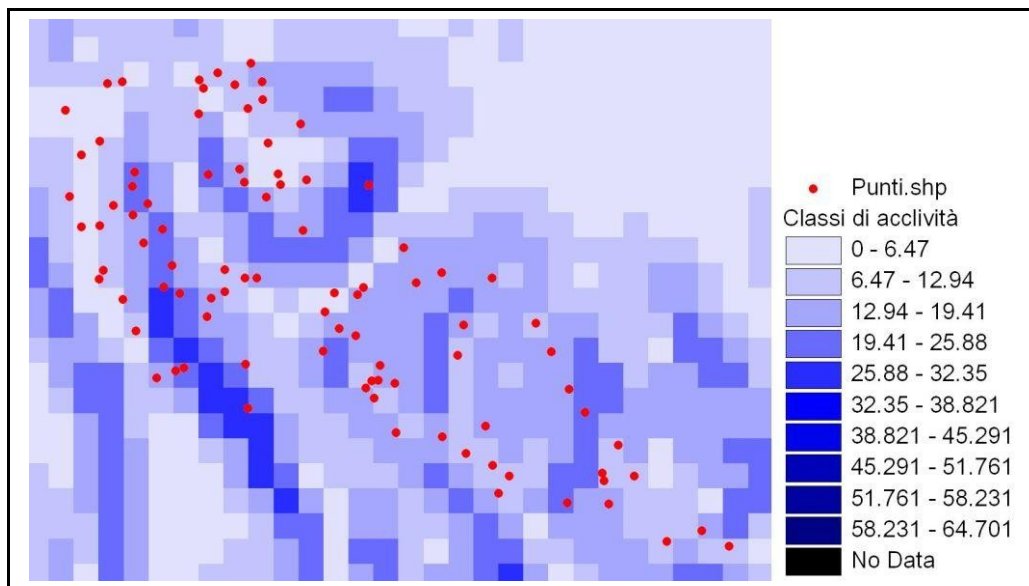


Figura 4.9. – Sovrapposizione della carta di acclività con esempi di localizzazioni.

Per ogni punto è stata calcolata la distanza perpendicolare con il bordo di bosco più vicino, prendendo in considerazione tutte le tipologie di bosco presenti (fig. 4.10.).

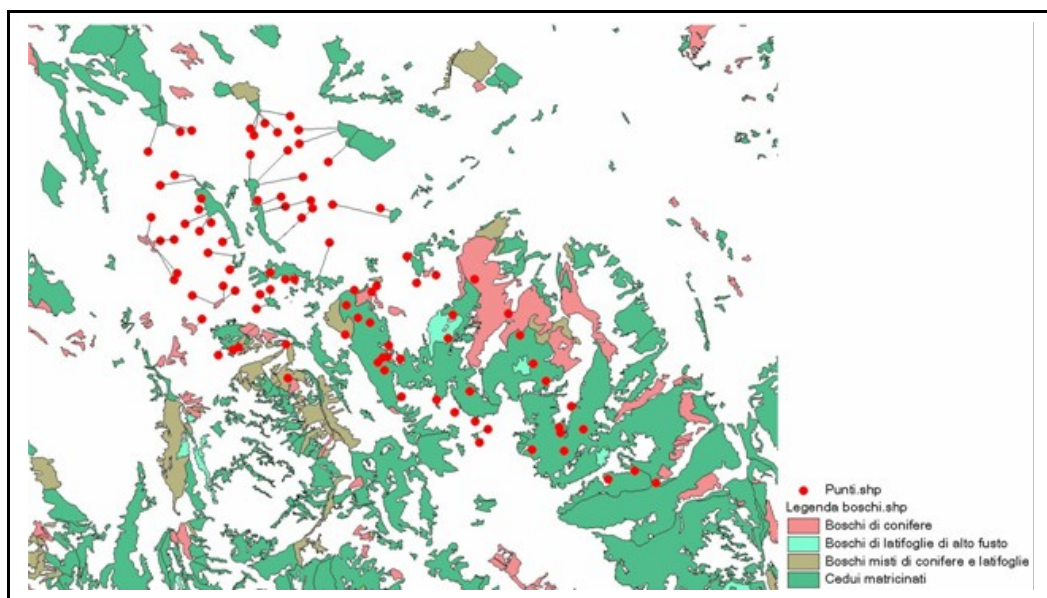


Figura 4.10. – Distanza tra le localizzazioni ed i margini dei boschi.

Intorno a ciascuna localizzazione è stata creata un'area buffer ($r = 200$ m); le circonferenze così ottenute sono state sovrapposte e ritagliate sulla carta di uso del suolo (fig. 4.11.), in questo modo all'interno di ognuna è stato possibile calcolare le frequenze delle varie categorie ambientali presenti.

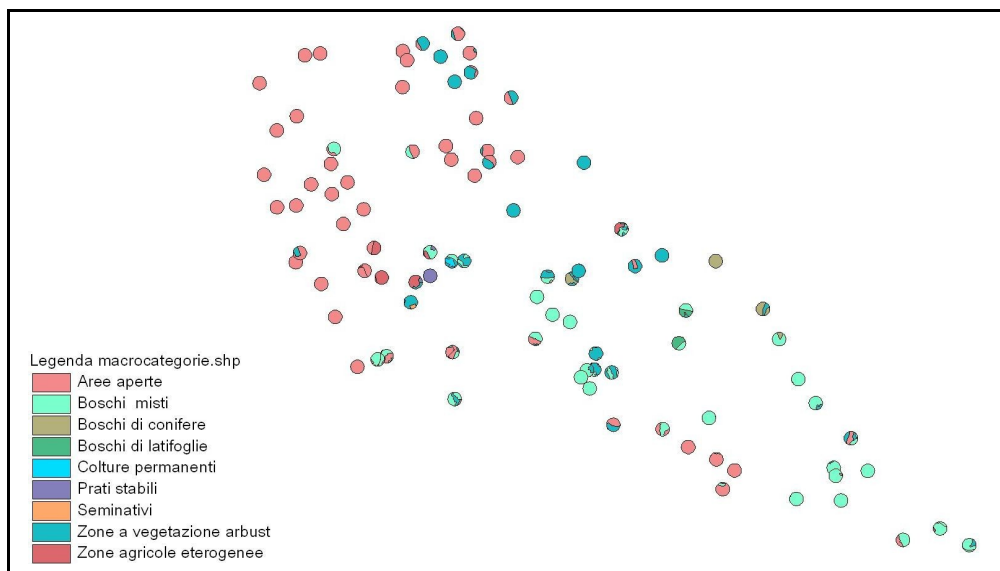


Figura 4.11. – Uso del suolo all'interno delle aree buffer.

Al fine di condurre le analisi su un numero limitato di variabili, dalle categorie ambientali originarie del Corine Land Cover, sono state escluse tutte le aree urbanizzate non fruibili dalla fauna selvatica; e le restanti sono state raggruppate tra loro, fino ad ottenere un totale di 11 macrocategorie, come riportato in tabella 4.1.

Codice	Macrocategorie	Classi CORINE	Codici CORINE
cod_1	Seminativi	Seminativi in aree non irrigue	2.1.1. 2.1.1.1. 2.1.1.2.
cod_2	Colture permanenti e Prati stabili	Vigneti – Oliveti – Frutteti Prati stabili	2.2.1.- 2.2.2 2.2.3.- 2.3.1.
cod_3	Zone agricole eterogenee	Colture temporanee associate a colture permanenti – Sistemi culturali e particellari complessi - Colture agrarie con spazi naturali importanti Aree agroforestali	2.4.1.- 2.4.2.- 2.4.3. 2.4.4.
cod_4	Aree aperte	Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota – Rocce nude, falesie, rupi e affioramenti – Aree con vegetazione rada Spiagge, dune e sabbie	3.2.1.- 3.3.1.- 3.3.2. 3.3.3.
cod_5	Boschi della fascia Mediterranea	Boschi a prevalenza di leccio e/o sughera – Conifere mediterranee – Boschi misti di conifere e latifoglie di leccio e/o sughera.- Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di pini mediterranei	3.1.1.1. 3.1.2.1. 3.1.3.1.1. 3.1.3.2.1.
cod_6	Boschi della fascia di Transizione	Boschi a prevalenza di castagno – Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di castagno – Boschi misti a prevalenza di latifoglie mesofile e mesotermo file(acer-frass., carp.nero-orniello) – Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie – Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di latifoglie mesofile e mesotermo file – Boschi a prevalenza di querce caducifoglie (cerro e/o roverella e/o farnetto e/o rovere e/o farnia)	3.1.1.4. 3.1.3.1.4. 3.1.1.3. 3.1.3.1.2. 3.1.3.1.3. 3.1.1.2.
cod_7	Boschi della fascia Temperata	Boschi a prevalenza di faggio – Boschi a prevalenza di pini montani e oro mediterranei (p.nero e laricio, p. silvestre, p. loricato) – Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di pini montani e oromediterranei	3.1.1.5. 3.1.2.2. 3.1.3.2.2.

cod_8	Boschi alieni	Boschi e piantagioni a prevalenza di latifoglie non native(robinia, aucalipi, ailanto) - Boschi e piantagioni a prevalenza di latifoglie non native (douglasia, pino insigne, pino strobo) - Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di conifere non native	3.1.1.7. 3.1.2.5. 3.1.3.2.5.
cod_9	Boschi igrofilii	Boschi a prevalenza di specie igrofile (boschi di salice e/o pioppi e/o ontani, ecc)	3.1.1.6.
cod_10	Zone a vegetazione arbustiva e/o erbacea	Aree a pascolo naturale e praterie – praterie continue e discontinue brughiere e cespuglieti	3.2.1. 3.2.1.1 3.2.1.2. 3.2.2.
cod_11	Aree a vegetazione sclerofilla	Macchia alta – Macchia bassa e garighe – Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	3.2.3. 3.2.3.1. 3.2.3.2. 3.2.4.

Tabella 4.1. – Macrocategorie utilizzate e raggruppamenti delle categorie originarie.

4.4.3. Analisi ecologica.

L'analisi ecologica delle preferenze ambientali della Lepre italica e della Lepre europea è stata condotta seguendo :

Confronto tra le due specie. Questa indagine è stata effettuata confrontando le variabili ambientali che caratterizzano le localizzazioni delle due specie. Le variabili che differiscono in modo significativo tra le due specie sono state evidenziate mediante il test non parametrico *Mann-Whitney*.

4.4.4. Metodi statistici utilizzati

I test statistici applicati nell'analisi sono stati eseguiti per mezzo del *software* statistico l'SPSS 12.

Il test di *U Mann-Whitney*, utilizzato per il raffronto tra le due specie, è uno dei test “non parametrici” più potenti e viene usato per testare l'ipotesi nulla che le distribuzioni di due popolazioni siano identiche. Il test confronta le mediane dei raggruppamenti in esame ed è progettato per l'applicazione con campioni non correlati o indipendenti; esso usa i ranghi per i punteggi dei campioni invece che i punteggi stessi e quindi è utilizzabile sia con misure di tipo sia ordinale, che ad intervallo.

Questa tecnica dipende dall'elaborazione della statistica di U.

$$U_1 = R_1 - \frac{n_1(n_1 + 1)}{2}$$

$$U_2 = R_2 - \frac{n_2(n_2 + 1)}{2}$$

Dove n_1 e n_2 sono il numero di individui dei campioni 1 e 2; mentre R_1 e R_2 sono la somma dei ranghi dei campioni 1 e 2. La somma dei due valori è data da:

$$U_1 + U_2 = R_1 - \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} + R_2 - \frac{n_2(n_2 + 1)}{2}$$

Sapendo che $R_1 + R_2 = N(N + 1) / 2$ e $N = n_1 + n_2$, e facendo la somma algebrica, troviamo che:

$$U_1 + U_2 = n_1 + n_2$$

Tuttavia man mano che n_1 e n_2 aumentano di dimensioni, la distribuzione di probabilità di U si avvicina rapidamente alla distribuzione normale.

È appropriato, quindi, convertire il valore di U ad un valore di z ; cioè al test statistico relativo alla distribuzione normale. Il valore di z è calcolato dal valore di U nel seguente modo:

$$z = (U - m_U) / \sigma_U$$

m_U e σ_U sono la media e la deviazione standard di U se l'ipotesi nulla è vera, e sono dati da:

$$m_U = n_1 \cdot n_2 / 2$$

$$\sigma_U = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}$$

$$z = \frac{U - n_1 \cdot n_2 / 2}{\sqrt{n_1 \cdot n_2 (n_1 + n_2 + 1) / 12}}$$

Nell'output il livello di significatività è fissato a $p = 0,05$.

I test non parametrici comprendono tecniche di inferenza non vincolate ai parametri della popolazione. I loro “modelli matematici” non pongono “prerequisiti” o assunti sulle caratteristiche della popolazione da cui provengono i campioni. E quando li pongono non sono così vincolanti e precisi come quelli dei test parametrici per cui è vincolante che i campioni siano stati estratti da una popolazione normale gaussiana.

Inoltre a differenza dei test parametrici, questi ammettono, per essere utilizzati, campioni di piccole dimensioni e dati in formato di frequenze.

4.5. Modello di idoneità ambientale

“Gli animali hanno distribuzioni limitate da abitudini e reazioni così affinate da portarli a scegliere i luoghi in cui vivere, idonei per i loro requisiti fisiologici e riproduttivi” (Elton, 1927). Con tale affermazione si rende conto della complessità di tutti i fattori che intervengono nella determinazione della distribuzione delle specie, a qualsiasi scala si voglia intendere: alla scala di habitat una specie non è mai distribuita in maniera casuale o omogenea. Gli habitat, dunque, sono

differenti per ogni specie, poiché includono una serie pressoché infinita di combinazioni di fattori o variabili. Volendo scendere ad una scala ancora più fine, nemmeno nel habitat idoneo la specie è distribuita omogeneamente né casualmente. Infatti essa risente delle interrelazioni spaziali, trofiche, fisiche, fisiopatologiche, interspecifiche e quant'altro contribuisca a definire la sua nicchia multidimensionale. C'è voluto quasi mezzo secolo perché il concetto di nicchia, inizialmente ristretto appunto al suo aspetto spaziale (Grinnel, 1917; 1924; 1928) poi al suo aspetto trofico (Elton, 1927) approdasse con Hutchinson (1957) all'insieme degli aspetti fisici, chimici, biotici, ecologici, in cui una specie vive. Quest'astrazione, di completa innovazione concettuale, descrive dunque la nicchia ecologica di una specie come un ipervolume in uno spazio multidimensionale, definito dalle variabili ambientali, entro cui la specie può sostenere una popolazione vitale (Hutchinson, 1957; Begon et al., 1996).

La nicchia multidimensionale di una specie nell'ambito di un paesaggio può essere ben descritta attraverso due caratteristiche: la *marginalità* e la *specializzazione*.

La marginalità rappresenta la distanza ecologica tra le condizioni ambientali utilizzate dalla specie e quelle disponibili nell'intero habitat. Se la nicchia della specie può essere descritta dalle variabili ambientali, il significato di questa grandezza sta nella differenza tra la media della sua distribuzione e la media della distribuzione globale delle variabili ambientali offerte dall'ambiente .

La specializzazione esprime la porzione di habitat utilizzato dalla specie in relazione al range di condizioni ambientali offerto dal paesaggio; in altre parole indica quanto è ristretta la nicchia della specie in relazione all'area di studio.

Va precisato che essendo direttamente dipendenti dalle condizioni ambientali offerte da un determinato paesaggio, i valori specifici di questi due indici sono limitati solo all'insieme globale di riferimento scelto: le specie possono apparire estremamente specializzate o marginali ad una scala di un paesaggio, ma molto meno ad un sottoinsieme dello stesso.

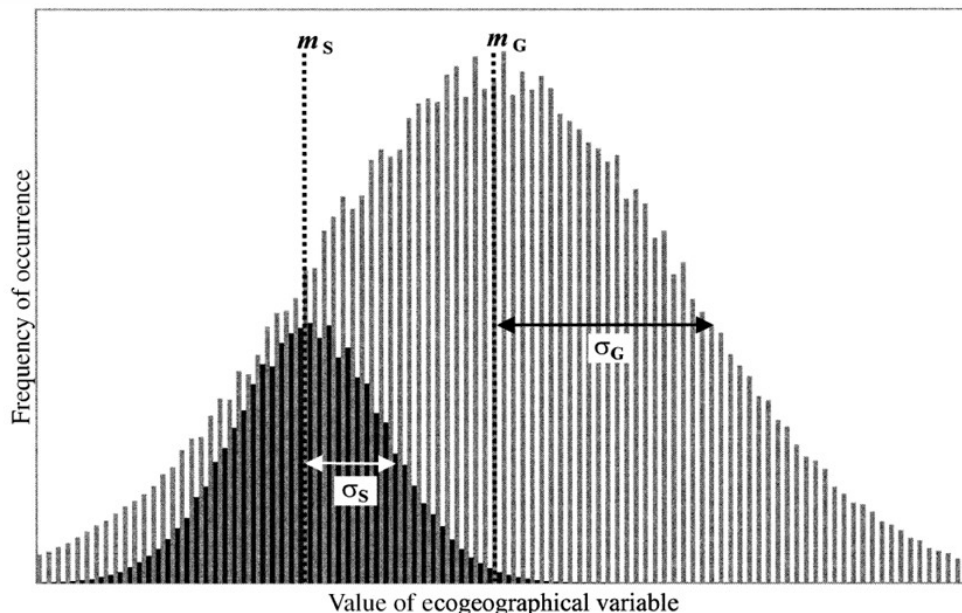


FIG. 1. The distribution of the focal species on any ecogeographical variable (black bars) may differ from that of the whole set of cells (gray bars) with respect to its mean ($m_S \neq m_G$), thus allowing marginality to be defined. It may also differ with respect to standard deviations ($\sigma_S \neq \sigma_G$), thus allowing specialization to be defined.

4.5.1. Ecological Niche Factor Analysis (ENFA)

Tra i modelli di idoneità ambientale basati sul concetto di nicchia multidimensionale di Hutchinson (1957), spicca l'Ecological Niche Factor Analysis (ENFA, Hirtzel et al., 2002; Hirtzel & Arlettaz, 2003), una recente procedura suggerita da Perrin (1984) e sviluppata ed implementata in ambiente

GIS (Hausser, 1995) con il software Biomapper 4 (Hirtzel et al., 2001; 2002; <http://www.unil.ch/biomapper>). Fin'ora tale metodica di analisi di dati si è mostrata più robusta dei metodi logistici classici (Brotons et al., 2004), in relazione a diversi scenari di habitat occupancy e soprattutto in condizioni di data set non particolarmente accurati. Questo ne ha permesso l'uso, con

risultati soddisfacenti, anche in situazioni particolarmente complesse: di recente l'ENFA è stata usata non solo per specie di Uccelli (Hirzel, 2003; Hirzel et al., 2004; Boisteu & Marion, 2005), Mammiferi ungulati (Hirzel, 2002) e coleotteri, ma anche in ambiente marino per coralli (Leverette, 2004) o Cetacei (Mandleberg, 2004), comprensibilmente difficili da mappare, o ancora è stata saggiata con dati provenienti da atlanti, che certamente non mirano a definire con certezza l'assenza della specie.

In accordo con gli altri metodi di analisi multivariata, l'ENFA fonda su determinati principi:

l'area di indagine è modellata come una mappa raster composta da N celle isometriche adiacenti;

la variabile dipendente è espressa come dato di presenza della specie focale nell'insieme di celle;

le Variabili Eco-Geografiche indipendenti (EGV), importanti per la specie focale ai fini dello studio, descrivono quantitativamente alcune caratteristiche delle celle. Tali variabili, dunque, vanno scelte a priori e possono riguardare, per esempio, caratteri topografici (altitudine, pendenza), dati ecologici (presenza di boschi,), influenza antropica (distribuzione di infrastrutture, distanza dal centro abitato);

le EGV sono calibrate per classificare il più correttamente possibile ciascuna cella del paesaggio in funzione del grado di idoneità alla presenza della specie (Hirzel et al., 2002).

Un'importante caratteristica dell'ENFA, rispetto agli altri strumenti di modellistica multivariata, è la sua indipendenza dai dati di assenza della specie focale nel paesaggio. Il mancato rinvenimento di una specie durante censimenti e campionamenti è, infatti, un punto debole dei modelli, in quanto

può essere dovuto a numerose cause e può generare determinazioni di "false assenze", che si riflettono sulle deduzioni del modello, soprattutto se la variabile dipendente è proprio la presenza della specie: si pensi a casi di habitat idonei, ma per motivi storici non occupati dalla specie, o a semplici problemi di contattabilità durante i censimenti (McArdle, 1990; Solow, 1993).

L'ENFA quindi è fondato su un approccio nuovo che analizza la posizione della nicchia della specie nello spazio ecologico, basandosi solo su dati di presenza. In altre parole il modello confronta in uno spazio multidimensionale determinato dalle variabili eco-geografiche, la distribuzione delle celle in cui la presenza della specie è stata accertata, con l'intero insieme di celle che costituiscono l'area di studio: considerando la nicchia ecologica come un sottoinsieme di celle nello spazio ecogeografico dove la specie focale ha un'elevata probabilità di essere, l'ENFA riprende, quindi, il concetto di nicchia di Hutchinson (1957).

Per il resto, l'ENFA presenta alcune similitudini con la PCA, (Cooley & Lohnes, 1971, Legendre & Legendre, 1998), in quanto la prima operazione che compie è l'estrazione di pochi fattori che sintetizzano l'informazione di tutte le EGV (Manly, 1986): in tal modo in primis riduce la complessità del sistema, scarica anche le correlazioni e la ridondanza tra le variabili e riduce il rumore di fondo (Hirzel, 2004). Ma a differenza di questa procedura, l'ENFA richiede due insiemi di dati di base: quello globale dei descrittori delle variabili ecogeografiche per ogni cella dell'area di studio e quello di presenza della specie per ciascuna cella. Inoltre, si riscontra un'altra differenza nel significato degli assi estratti: nella PCA sono scelti in modo da massimizzare

la varianza della distribuzione, in ENFA assumono un significato ecologico in quanto rendono conto della marginalità e massimizzano la specializzazione delle specie (Hirzel et al., 2002).

Infine per superare il problema di affidarci ai soli dati di presenza, e quindi per garantire che il modello sia rappresentativo della specie nell'area di studio, abbiamo utilizzato l'*Indice di Boyce* (Boyce et al., 2002; Hirzel et al., 2002).

Questo indice varia da -1 a 1. valori positivi prossimi a 1 indicano un modello le cui previsioni sono coerenti con la distribuzione di presenza nel set dei dati di valutazione, valori prossimi a 0 e negativi si ottengono quando il modello non è corretto, si prevedono aree di scarsa qualità.

4.5.2. Costruzione degli strati informativi vettoriali e conversione in formato raster

Per ciascuna variabile ecogeografica è stata costruita una carta tematica, con i dati collezionati in campo, con integrazioni di cartografie già esistenti ed analisi informatiche. In altre parole è stata effettuata una rilettura e una riclassificazione del paesaggio sulla base dell'informazione fornita di volta in volta da ciascuna EGV.

L'elaborazione digitale e la costruzione dei diversi strati informativi, relativi a uso del suolo, esposizione, presenza di strutture antropiche e presenza della specie sul territorio, sono state condotte mediante il software GIS ArcGis 9.2.

Gli strati informativi generati con ArcGis, in formato vettoriale, sono stati convertiti in formato raster, ovvero in grid, per essere acquisiti dal software Biomapper 4 (Hirtzel et al., 2001) e per essere processati mediante l'ENFA. L'operazione di conversione ha richiesto una trasformazione di tutti i dati qualitativi e descrittivi, quali per esempio l'uso del suolo, in dati quantitativi è stato attribuito un valore pari a 1 nelle celle di presenza e pari a 0 per quelle che ne sono prive; infine, la distribuzione della specie sul territorio è stata associata ad un valore di 1 diversamente dal suo mancato ritrovamento (0). Poiché Biomapper accetta solo file informatici con estensione *.idrisi, è stato necessario una conversione degli shape file (*.shp), creati da ArcgGis. L'operazione è stata condotta mediante l'estensione Av2Idrisi di ArcGis.

4.5.3.Elaborazione dell'ENFA attuale

Le informazioni per elaborare il modello potenziale attuale sono state divise in tre categorie.

Uso del suolo : dalla Corine Land Cover IV livello (Fig. 4.12) sono state raggruppate alcuni strati dell'uso del suolo vedi tab 4.1.

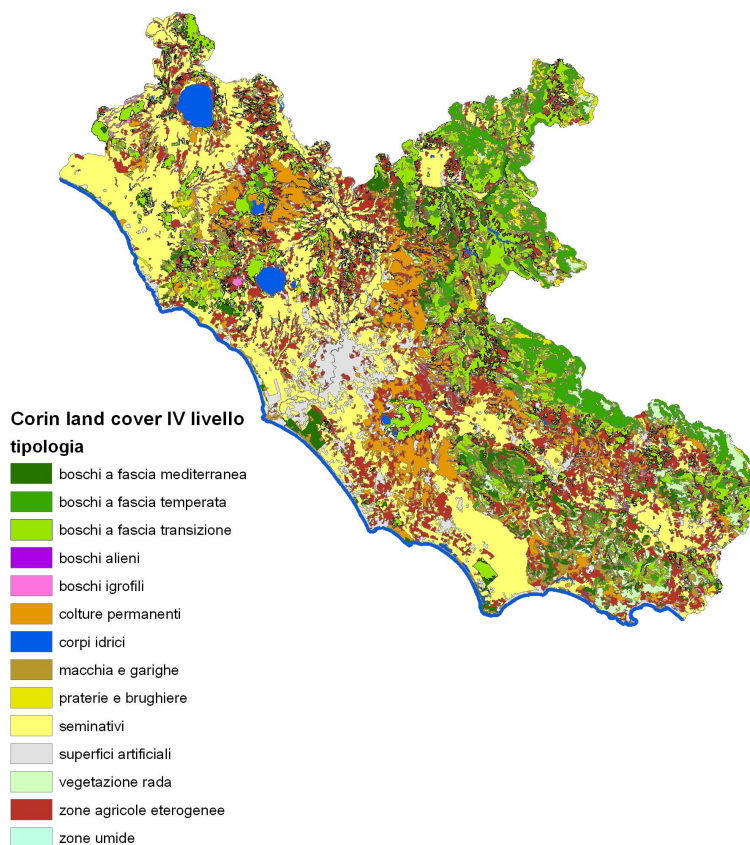


Figura 4.12. Corine Land Cover IV livello Regione Lazio

Topografiche: esposizione e pendenza

Climatiche : grazie alla collaborazione con il dipartimento di Biologia vegetale... abbiamo inserito nel modello 5 variabili climatiche riferite al trentennio 1961-1990 (Fig 4.13)

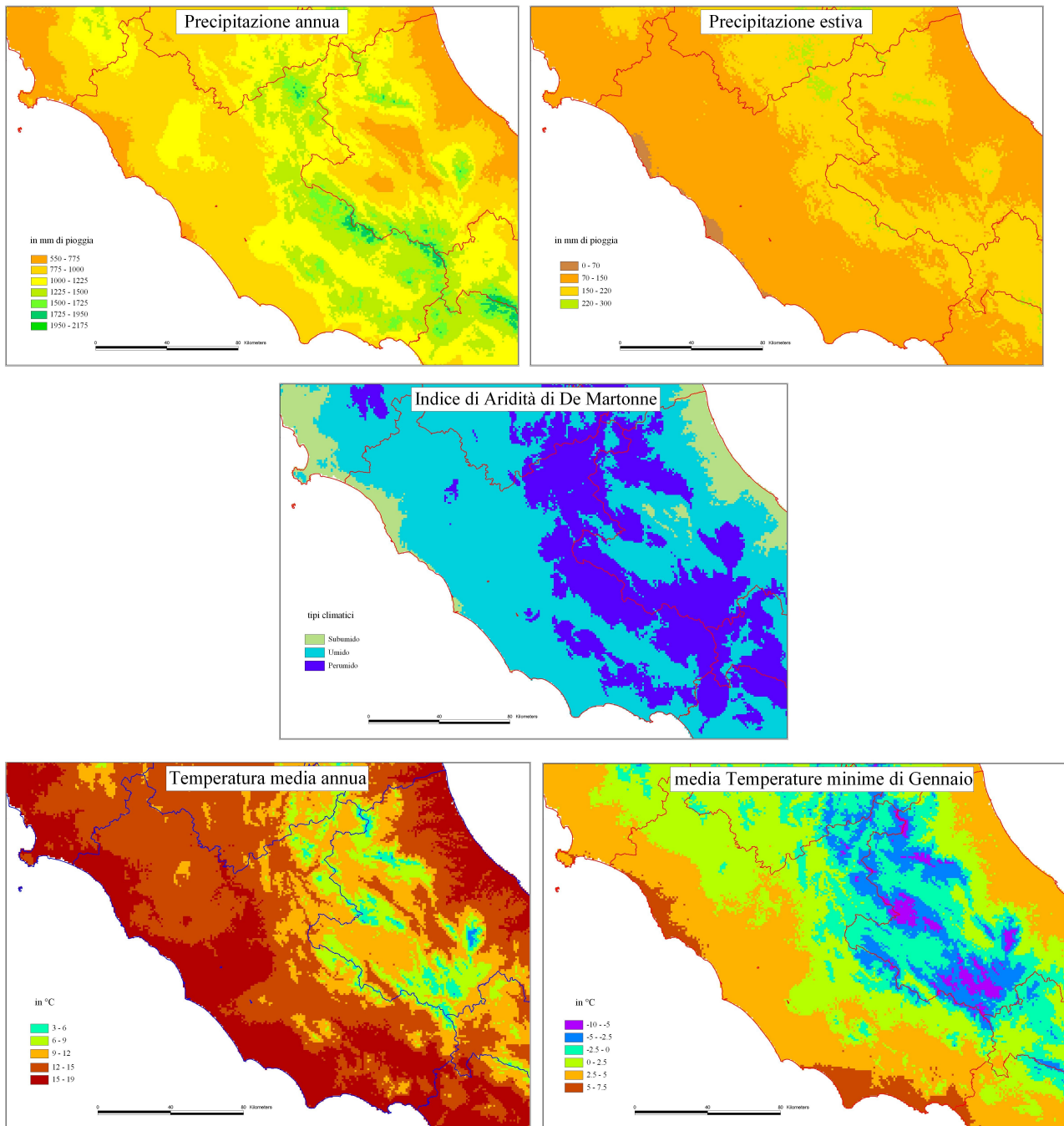


Figura 4.13 Variabili climatiche attuali

Antropiche : dalla Corine è stato selezionato lo strato 1, riferito alle superfici antropizzate e poi è stato inserito l'indice di frammentazione da infrastrutture (*i.f.i.*) un coefficiente che tiene conto dell'effetto di occlusione (interruzione fisica o disturbi) che le particolari tipologie di viabilità realizzano verso flussi potenziali di fauna terrestre.

Categorie variabili	Descrizione	Codice EGV
Topografiche	Esposizione	Esp
	Pendenza	Slo
Climatiche	Indice di aridità	Ai
	Precipitazione annua	Ptot
	Precipitazioni annue estive	Ps
	Media della temperatura media	Tm
	Media della temperatura minima del mese di gennaio	Tmn
Uso del suolo	Zone agricole	Agric
	Seminativi	Semina
	Colture permanenti	Coltperm
	Zone a vegetazione rada o assente	Vegass
	Vegetazione arbustiva e/o erbacea	Pratarb
	Bosco della fascia mediterranea	Bmedit
	Bosco della fascia temperata	Btemp
	Bosco della fascia di transizione	Btrans
	Aree di Macchia e garighe	Macchia
	Antropiche	Superfici artificiali
Indice di frammentazione da infrastrutture		Ifi

Tabella 4.1 : Elenco delle EGV utilizzate nel modello di idoneità

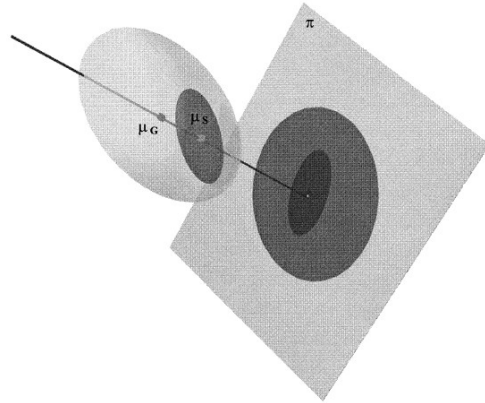
I 18 grid ottenuti dalla riclassificazione del paesaggio , riferiti alla distribuzione nell'area di studio dei valori delle variabili eco geografiche rilevanti per la specie focale e alla distribuzione della specie stessa, sono state utilizzate come data input per il software Biomapper 4.

La procedura ENFA inizia ad estrarre i fattori principali. Ogni cella è così associata a 1 vettore composto dai valori delle EGV nell'area sottesa e può essere rappresentata da un punto nello spazio multidimensionale delle EGV.

Se le distribuzioni delle variabili sono multinormali, lo scatterplot avrà la forma di un iper-ellissoide. L'insieme delle celle in cui la specie focale è stata osservata costituisce un sottoinsieme, rappresentato da un iperellissoide più piccolo all'interno di quello globale.

Il primo fattore, o fattore di marginalità, è la linea retta che passa attraverso i centroidi dei due ellissoidi.

La marginalità della specie focale, è dunque la distanza standardizzata tra questi centroidi.

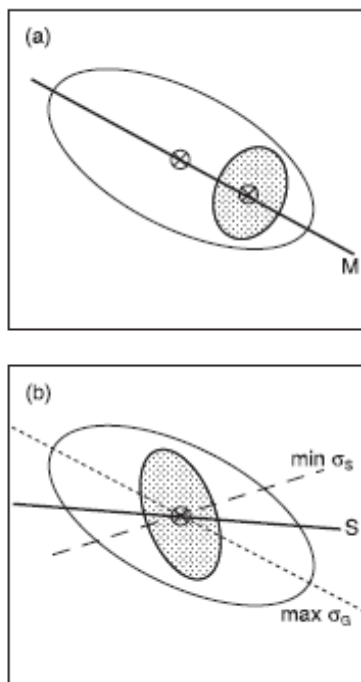


Per ottenere i fattori successivi, quelli di specializzazione, il procedimento opera un cambiamento nel sistema di riferimento, trasformando l'ellissoide della specie in una sfera, la varianza della quale eguaglia l'unità in ogni direzione. In questo nuovo sistema, il primo fattore di specializzazione è

quello che massimizza la varianza della distribuzione globale ed i successivi sono estratti in turno, rimuovendo in ogni stadio una dimensione dallo spazio, prima che tutti i fattori siano estratti. La quantità di specializzazione progressivamente rendicontata da ogni fattore è necessariamente inferiore a quella del fattore precedentemente estratto; ogni fattore di specializzazione è ortogonale agli altri in modo che la distribuzione di un sottoinsieme di specializzazione per ogni fattore non è correlata alla distribuzione degli altri.

In questo modo un limitato numero di fattori F conterranno la maggior parte delle informazioni rilevanti iniziali. Il loro basso numero e la reciproca indipendenza li rende più facili da manipolare rispetto alle EGV originali.

L'idoneità di ogni cella per la specie focale viene, così, calcolata in accordo con la sua posizione nello spazio F -dimensionale, piuttosto che EGVdimensionale.



I coefficienti m_i del fattore marginalità, esprimono appunto la marginalità della specie focale per ciascuna variabile in unità di deviazione standard della distribuzione globale. Sotto il profilo matematico la marginalità è espressa da una semplice equazione:

$$M = \frac{|m_G - m_S|}{1.96\sigma_G}$$

che descrive la differenza assoluta tra le mediane delle due distribuzioni della specie, standardizzata. La divisione per la deviazione standard permette di rimuovere gli errori introdotti dalla varianza della distribuzione globale, mentre il fattore moltiplicativo (1,96) assicura che il valore di marginalità sia sempre compreso fra 0 e 1.

Valori assoluti elevati dei coefficienti indicano che la specie discosta dalla media disponibile di habitat in relazione alla corrispondente variabile; valori negativi indicano che la specie preferisce valori della variabile corrispondente più bassi rispetto alla media relativa all'area di studio e viceversa per valori positivi del coefficiente.

I coefficienti dei successivi fattori ricevono una diversa interpretazione: maggiore è il loro valore più ristretto risulta il range della specie focale rispetto alla variabile corrispondente. Il segno del coefficiente è del tutto arbitrario. L'autovalore λ_1 associato ad ogni fattore esprime la quantità di

specializzazione sintetizzata in quel fattore: il rapporto tra la varianza della distribuzione globale e quella della distribuzione della specie sull'asse. In termini matematici la specializzazione è descritta in tal modo:

Gli autovalori velocemente decrescono dal secondo fattore in poi: solo i primi quattro o cinque sono utili per computare l'idoneità del habitat.

Combinando la marginalità e la specializzazione di ciascuna variabile ambientale, ENFA computa la marginalità e la specializzazione globali (Hirzel et al., 2002, Reutter et al., 2003) con estensioni multivariate delle equazioni precedenti.

La marginalità globale, M ,

$$M = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^v m_i^2}}{1.96}$$

assume valori compresi fra 0 e 1 con i valori maggiori che indicano che la specie non è ugualmente rappresentata nel paesaggio.

La specializzazione globale, S ,

$$S = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^v \lambda_i}}{V}$$

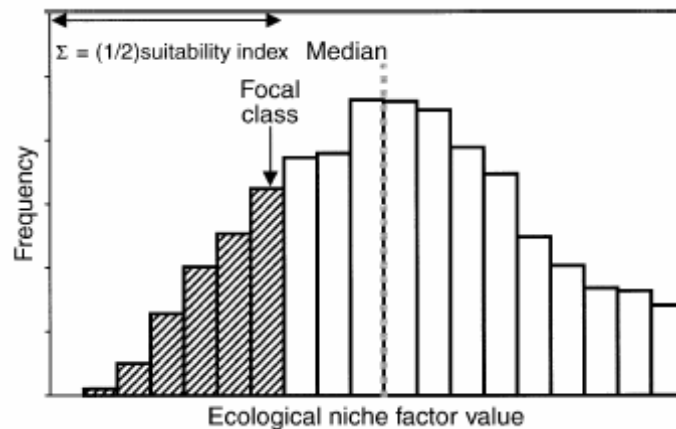
varia, invece, tra 1 e ∞ , con l'ampiezza della nicchia che decresce all'aumentare del valore dell'indice. Per un'interpretazione più immediata viene spesso fornito il coefficiente di tolleranza globale definito come l'inverso della specializzazione: quest'ultimo varia tra 0 e 1 ed è un indicatore diretto della larghezza della nicchia (Reutter et al., 2003).

Dai risultati della procedura ENFA, Biomapper genera e restituisce la mappa di idoneità ambientale per la specie focale nelle condizioni ambientali fornite da quel paesaggio.

Innanzitutto per ciascuna EGV viene registrato il valore di ogni locazione della presenza della specie; con questi valori viene generato un istogramma di frequenze e ad ogni classe dell'istogramma viene attribuito un punteggio.

Supponendo una distribuzione normale, i punteggi saranno massimi alla mediana della distribuzione per diminuire verso le sue code (Hirzel et al., 2002). Viene, poi, determinata la classe di appartenenza per ciascuna cella nell'area di studio e su tale base viene definito un valore provvisorio di idoneità a ogni cella. Le classi di celle più distanti avranno valori inferiori di idoneità parziale. Computando la media pesata di tutte le idoneità provvisorie viene generato per ogni cella un indice di idoneità ambientale, riscaldato mediante il metodo delle isoplete in maniera da variare tra 0 e 100, parallelamente all'idoneità (Hirzel, 2001). Il metodo delle isoplete è preferito

alla trasformazione lineare in quanto usa le osservazioni per riscaldare l'indice: a tal fine, infatti, determina i limiti di ogni classe di indice di idoneità in cui ricade un ugual numero di osservazioni.



E' stata infine scelta una scala di idoneità applicata in tutti i modelli:

	Zona no idonea	0 - 10
	Bassa idoneità	10 - 25
	Media idoneità	25 - 50
	Alta idoneità	50 - 100

4.5.4 Costruzione degli strati informativi vettoriali e conversione in formati raster con le variabili future

Per utilizzare le variabili ecogeografiche nei diversi scenari è stata costruita una carta tematica dove le singole EGV sono proiettate negli scenari A1 e B1.

Per la modellizzazione della Corine land cover abbiamo utilizzato dati ottenuti grazie alla collaborazione del dipartimento di Biologia Vegetale dell'Università la Sapienza di Roma, tale modellizzazione è avvenuta considerando alcune macroaree fisse, alcune passive su altre e alcune modellizzate, è stata infine effettuata una gerarchia vegetazionale (Rounsevall at. all. 2006). (Tab.4.2.)

Macroarea	
Superfici artificiale	parametro fisso
seminativi	parametro fisso
colt. Permanenti	parametro fisso
zone agr. Eterogenee	passive
Boschi a fascia mediterranea	Modellizzati
Boschi a fascia transizione	Modellizzati
Boschi a fascia temperata	Modellizzati
zone arbustive	passive
zone cespuglieti	passive
aree a pascolo e praterie	passive
corpi idrici	parametro fisso

Tabella 4.2. Macroaree modellizzate per la realizzazione della Corine nei diversi scenari

Da questi nuovi scenari (Fig 4.14) abbiamo ricavato gli stessi strati informativi da utilizzare nell'Enfa (vedi tabella 4.1.)

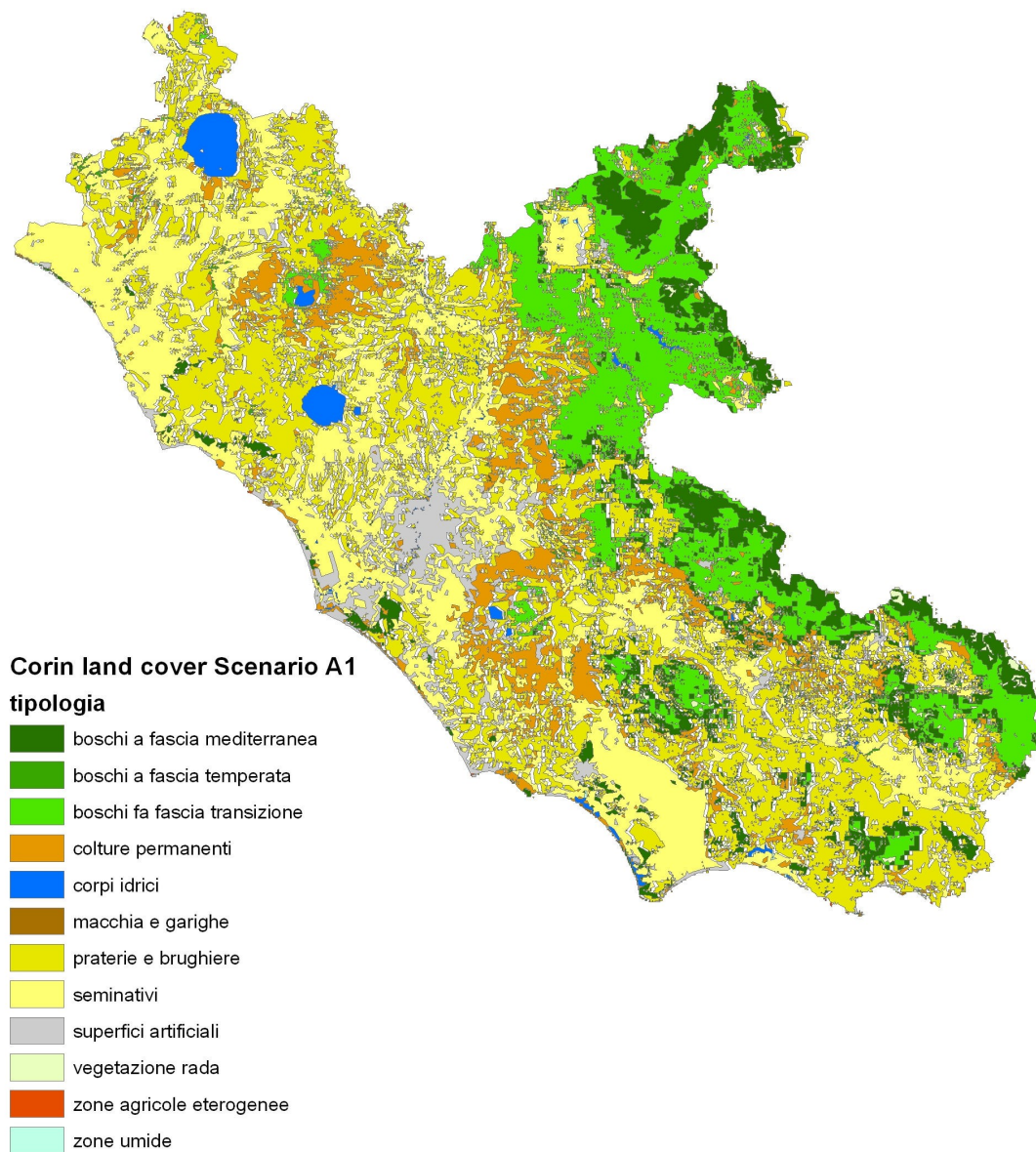


Figura 4.14 Carta dell'uso del suolo nello scenario A1

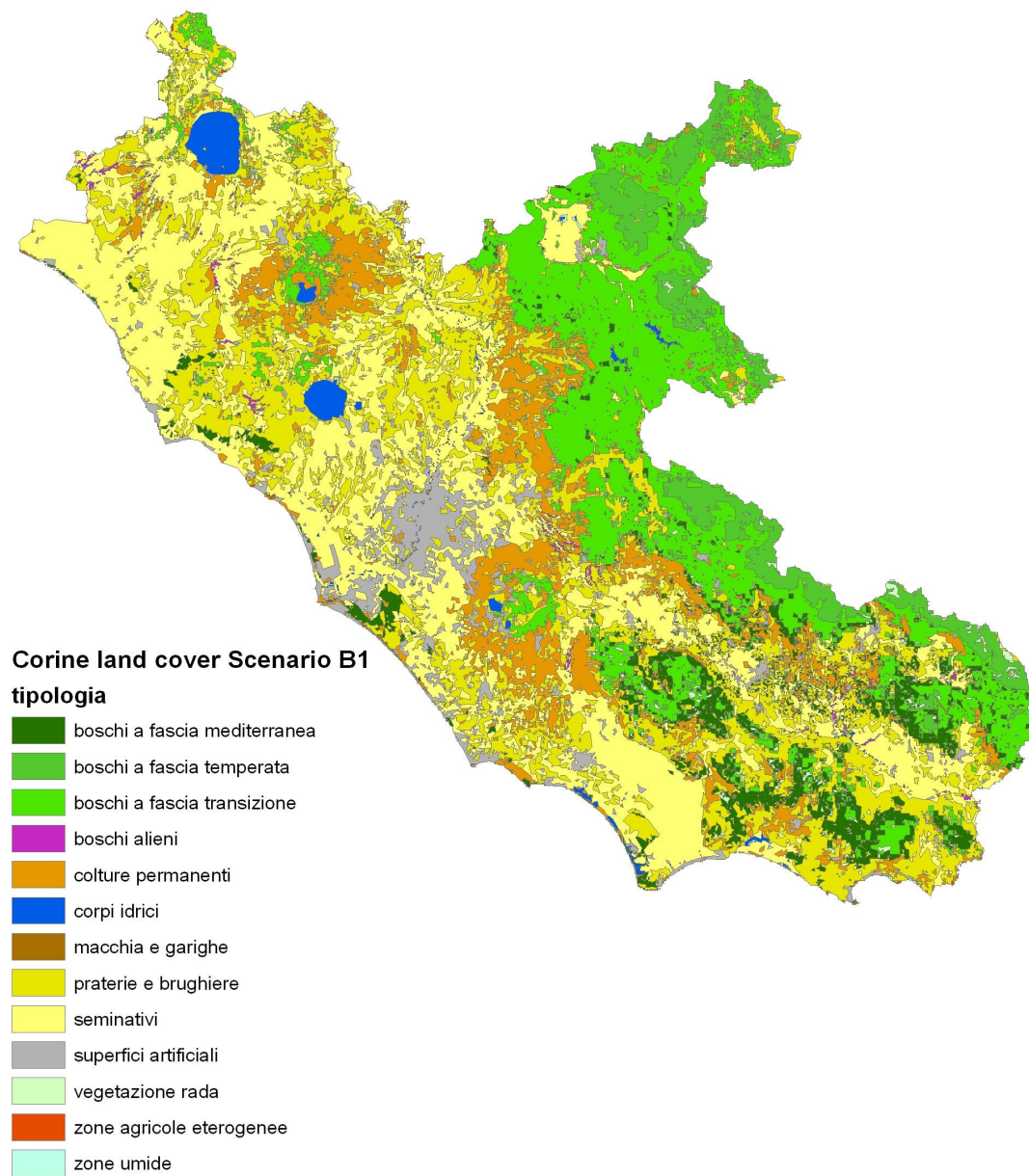
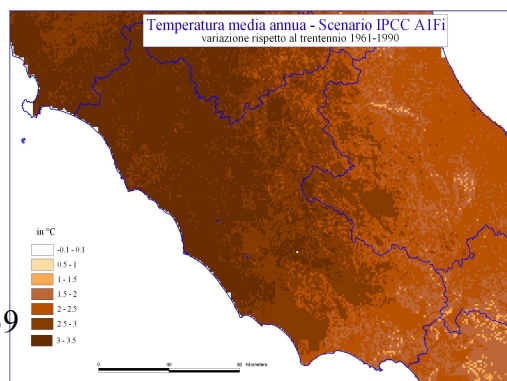
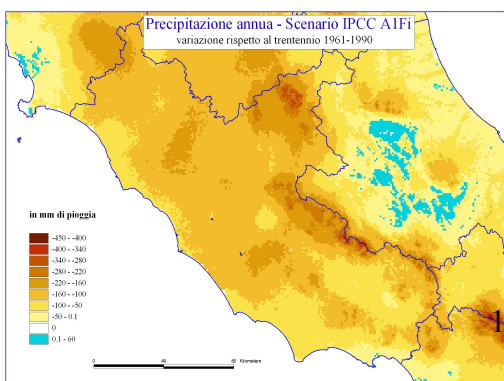
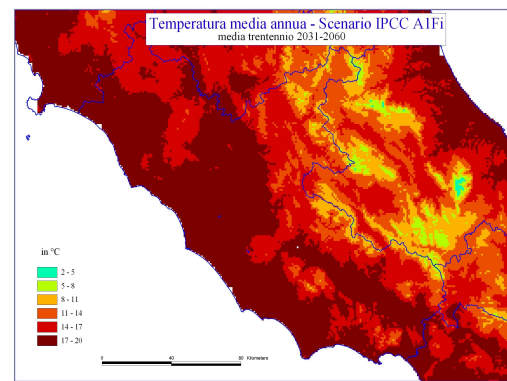
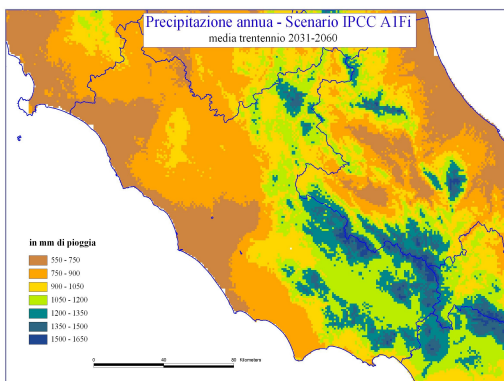
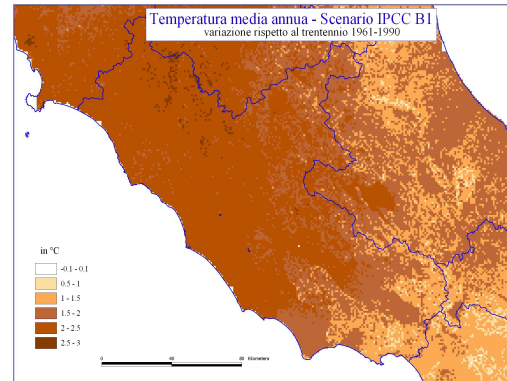
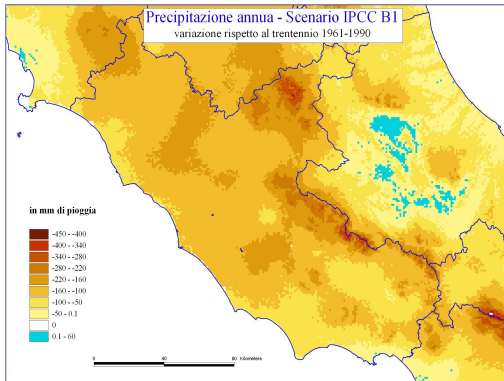
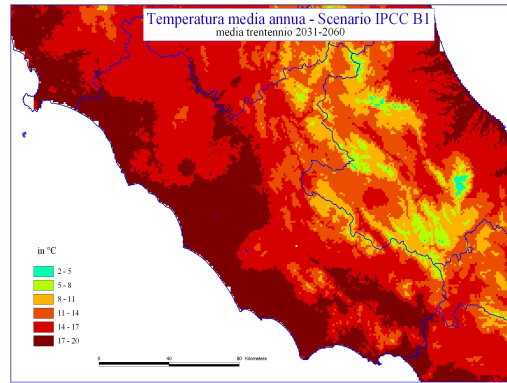
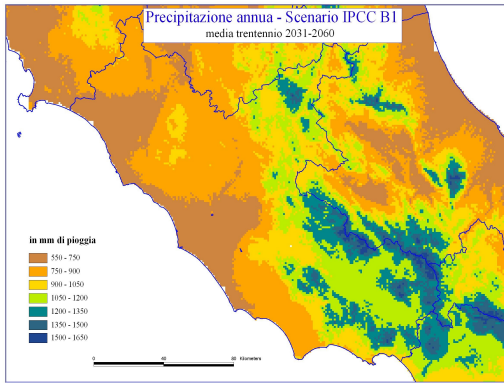


Figura 4.14. Carta dell'uso del suolo nello scenario B1

Le variabili climatiche utilizzate sono le rispettive degli scenari B1 e A1 (Fig.4.15)



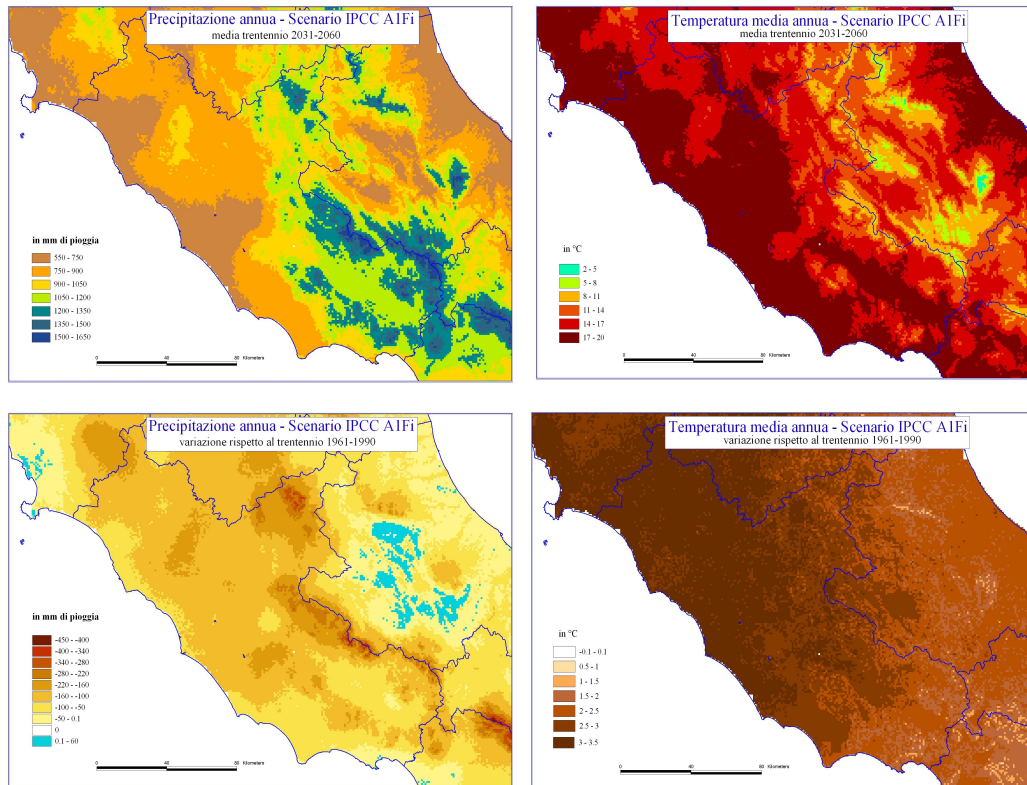


Figura 4.15. – Variabili climatiche degli scenari e variazione della precipitazione e temperatura rispetto alla situazione attuale

Gli strati informativi generati con ArcGis, in formato vettoriale, sono stati convertiti in formato raster, ovvero in grid, per essere acquisiti dal software Biomapper 4 (Hirtzel et al., 2001) e per essere processati mediante l'ENFA. L'operazione di conversione ha richiesto una trasformazione di tutti i dati qualitativi e descrittivi, quali per esempio l'uso del suolo, in dati quantitativi è stato attribuito un valore pari a 1 nelle celle di presenza e pari a 0 per quelle che ne sono prive; infine, la distribuzione della specie sul territorio è stata associata ad un valore di 1 diversamente dal suo mancato ritrovamento (0). Poiché Biomapper accetta solo file informatici con estensione *.idrisi, è stato necessario una conversione degli shape file (*.shp), creati da ArcGis. L'operazione è stata

condotta mediante l'estensione Av2Idrisi di ArcGis

4.5.5. Elaborazione dell'ENFA degli scenari A1 e B1

L'elaborazione dell'ENFA con gli scenari futuri ha subito la stessa procedura dell'attuale.

Per la scelta di nuovi punti da ipotizzare come future presenze nei diversi scenari è avvenuta mediante il software GIS ArcGis 9.2.

Per prima cosa è stata fatta un'analisi dei range delle diverse variabili climatiche, risultate altamente significative per la differenziazione di nicchie tra le due specie. (tab. 4.3.)

Variabili climatiche	Range Lc	Range Le
indice di aridità	da 29 a 117	da 29 a 130
precipitazioni medie estive	da 71 a 238	da 77 a 240
precipitazioni medie invernali	da 252 a 600	da 252 a 646
precipitazioni medie	da 820 a 1900	da 806 a 1968
media della temperatura media	da 4 a 16	da 5 a 15
media della temperatura minima del mese di gennaio	da -5 a 6	da -5 a 5

Tabella 4.3. Range delle variabili climatiche rilevati nei punti ad alta idoneità nel modello Attuale

Insieme alla distanza dai boschi rispettiva delle due lepri (lepre italiana distanza massima 1 km e lepre europea distanza massima 8 km) questi range sono stati ritrovati negli scenari futuri ed è stata circoscritta un'area dove si sono estrapolati in modo casuale 100 punti, utilizzati poi nell'Enfa come punti di presenza delle due specie di lepre. Fig (4.16)

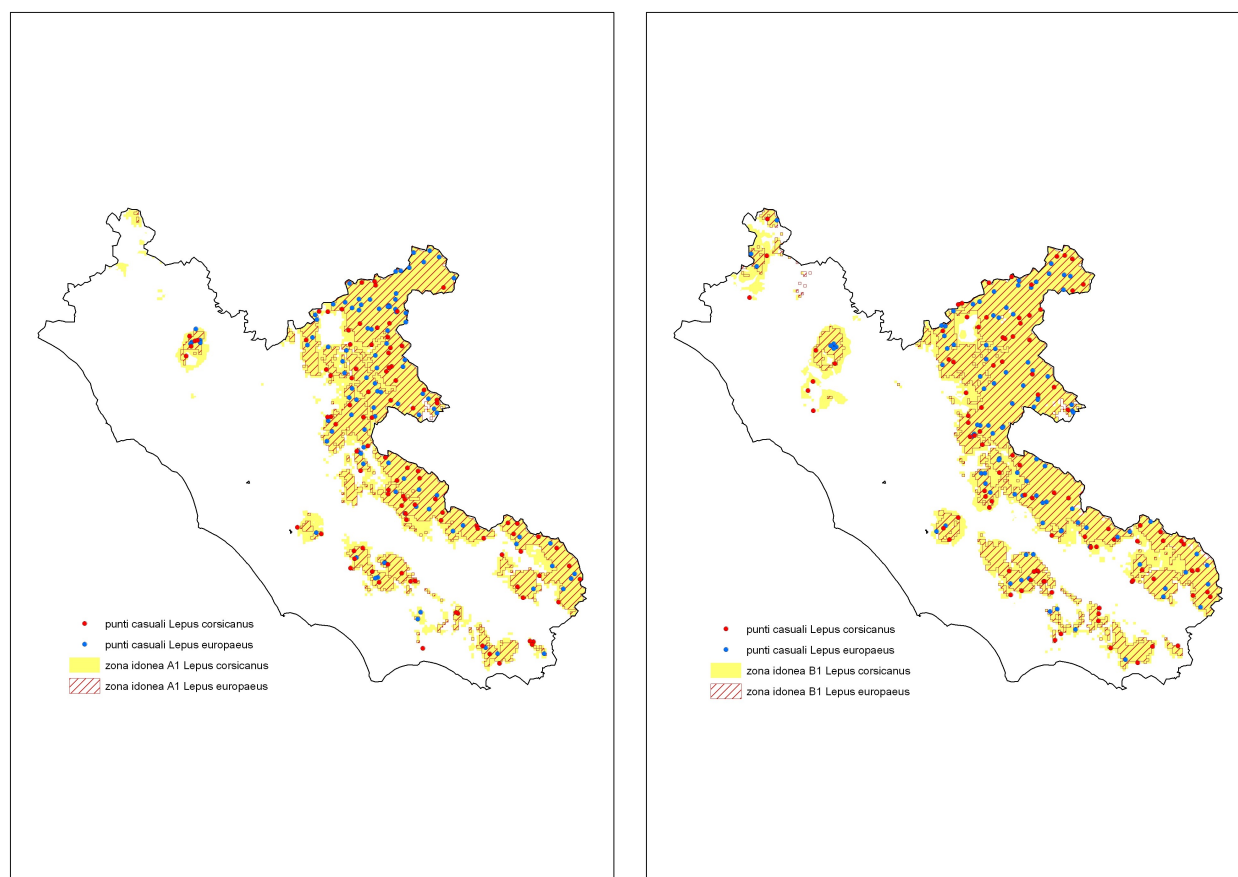


Figura 4.16 - Aree idonee nei rispettivi scenari e punti casuali estrapolati da esse

4.5.6. Analisi della Nicchia Ecologica

E' stata effettuata l'analisi discriminante per comparare le nicchie ecologiche della lepre italica e della lepre europea (Legendre e Legendre 1998). Usando simultaneamente la distribuzione di ambo le specie, calcola il fattore che massimizza la variazione intraspecifica mentre minimizza la variazione intraspecifica. In altre parole, il fattore di discriminazione è la direzione lungo il quale le due specie differiscono di più. Questo fattore comune, permette di indagare le relazioni tra le due nicchie. Il fattore discriminante ottenuto è stato dunque usato come variabile integrativa su cui comparare le nicchie e calcolare la loro ampiezza e la loro sovrapposizione. Per analizzare le nicchie delle due specie sono stati utilizzati vari indici (Hurlbert 1978) tramite il software Biomapper 4 (Hirzel et al. 2004,2007)

- L'indice di ampiezza di Levins
- L'indice di sovrapposizione di Hulbert

MISURE DI MACARTHUR E LEVINS

Una delle prime misure per la sovrapposizione di nicchia fu quella proposta da MacArthur e Levins (1967):

$$M_{jk} = \frac{\sum_i p_{ij} p_{ik}}{\sum_i p_i^2} \quad (1)$$

dove: M_{jk} = misura di sovrapposizione di nicchia di MacArthur e Levins

della specie k sulla specie j

p_{ij} , p_{ik} = proporzione della risorsa i sulle risorse totali usate dalle specie j e k

n = numero totale delle condizioni di risorsa.

Osserva che la misura di sovrapposizione di MacArthur e Levins non è simmetrica tra le specie j e k come ci potremmo aspettare.

La misura di MacArthur e Levins stima la misura con la quale lo spazio di nicchia della specie k è sovrapposta a quella della specie j . Se la specie A è specializzata nel mangiare una sottoserie di cibi consumati dalle specie B generaliste, allora, dal punto di vista della specie A , la sovrapposizione è totale, mentre dal punto di vista della specie B , la sovrapposizione è solo parziale.

Questa formulazione fu derivata nell'imitare l'equazione del coefficiente di competizione di Lotka-Volterra (MacArthur, 1972).

Da allora più ecologi sono d'accordo nel ritenere che le misure di sovrapposizione non possono essere usate come coefficienti di competizione (Hurlbert, 1978; Abrams, 1980; Holt, 1987).

L : ampiezza della nicchia trofica è minima ($B = 1/R$) quando la specie utilizza una sola categoria alimentare, è massima ($B = 1$) quando tutte le risorse sono equamente utilizzate

INDICE DI HURLBERT

Nessuna delle quattro misure di sovrapposizione di nicchia precedenti riconosce che lo stato di risorsa può variare in abbondanza. Hurlbert (1978) definisce la sovrapposizione di nicchia come '*il grado nel quale la frequenza di incontro tra due specie è più alto o più basso di quello che potrebbe essere se ogni specie utilizzasse ogni stato di risorsa in proporzione all'abbondanza di quello stato di risorsa*'.

La misura appropriata di sovrapposizione di nicchia che permette agli stati di risorsa di variare in misura, è come segue:

$$L = \sum (p_{ij} p_{ik} / a_i) \quad (7)$$

dove: L = misura di Hurlbert di sovrapposizione di nicchia tra le specie

j e le specie k

$p_{ij} p_{ik}$ = proporzione della risorsa i sulle risorse totali utilizzate da

due specie j e k

a_i = quantità proporzionale o grandezza di risorsa i ($\sum a_i = 1.0$).

La misura di sovrapposizione di Hurlbert non è come altri indici di sovrapposizione nel range da 0 a 1. Esso è 1.0 quando entrambe le specie utilizzano ogni stato di risorsa in proporzione alla loro abbondanza, o quando le due specie non condividono nessuna risorsa, è > 1.0 quando entrambe le due specie usano certi stati di risorsa più intensamente di altre, e le preferenze delle due specie per le risorse tendono a coincidere.

L'indice L di Hurlbert è stato criticato da Abrams (1980) perchè il suo valore cambia quando gli stati di risorsa usati da nessuna delle due specie sono aggiunte alla matrice della risorsa. Hurlbert (1978) considera questo un vantaggio del suo indice perchè solleva la questione critica di cosa gli stati di risorsa potrebbero includere nella matrice di risorsa.

5.RISULTATI

5.1 Presenza, distribuzione ed abbondanza relativa

I risultati degli avvistamenti notturni e quelli dell'analisi degli escrementi evidenziano la presenza di entrambe le specie all'interno dell'area di studio. Nella (fig 5.1) è mostrato il riepilogo di tutte le localizzazioni, evidenziate per metodo di rilevamento.

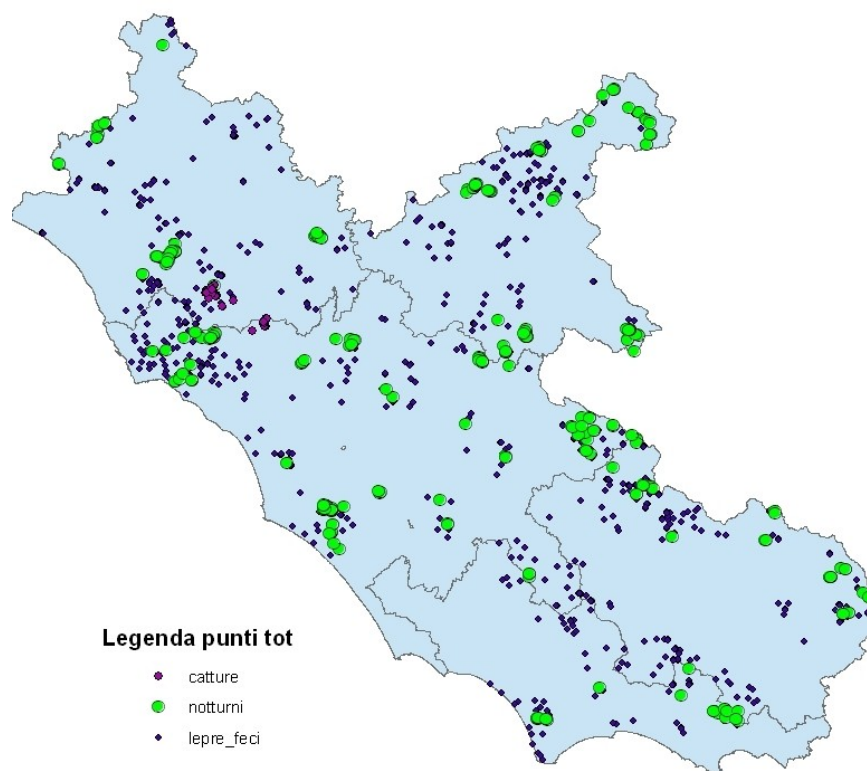


Figura 5.1: Riassunto localizzazioni dirette ed indirette

Durante l'attività di ricerca notturna sono stati individuati 278 individui appartenenti al genere *Lepus*, ripartiti come riportato in tabella 5.1 di cui 113 di Lepre italiana, 206 di Lepre europea

Nei due anni di ricerca sono stati percorsi 202 transetti, riportati in Fig 5.2, in 93 dei quali è stato effettuato almeno un avvistamento di *Lepus*; sono stati esplorati un totale di 701,9 Km,

Tot. Campioni	<i>L. corsicanus.</i>	<i>L.europaeus</i>
----------------------	-----------------------	--------------------

278	113	206
-----	-----	-----

Tabella 5.1– Riepilogo delle osservazioni

Le analisi di abbondanza condotte sui dati ricavati dai censimenti notturni, hanno messo in luce che la Lepre europea è complessivamente maggiormente diffusa sul territorio regionale (se ci si basa sul numero di transetti positivi) ed in media più abbondante della Lepre italiana (Fig. 5.2.).Comunque nei sei transetti in cui sono state rilevate entrambe le specie, le abbondanze chilometriche di Lepre italiana e Lepre europea non sono risultate significativamente differenti.

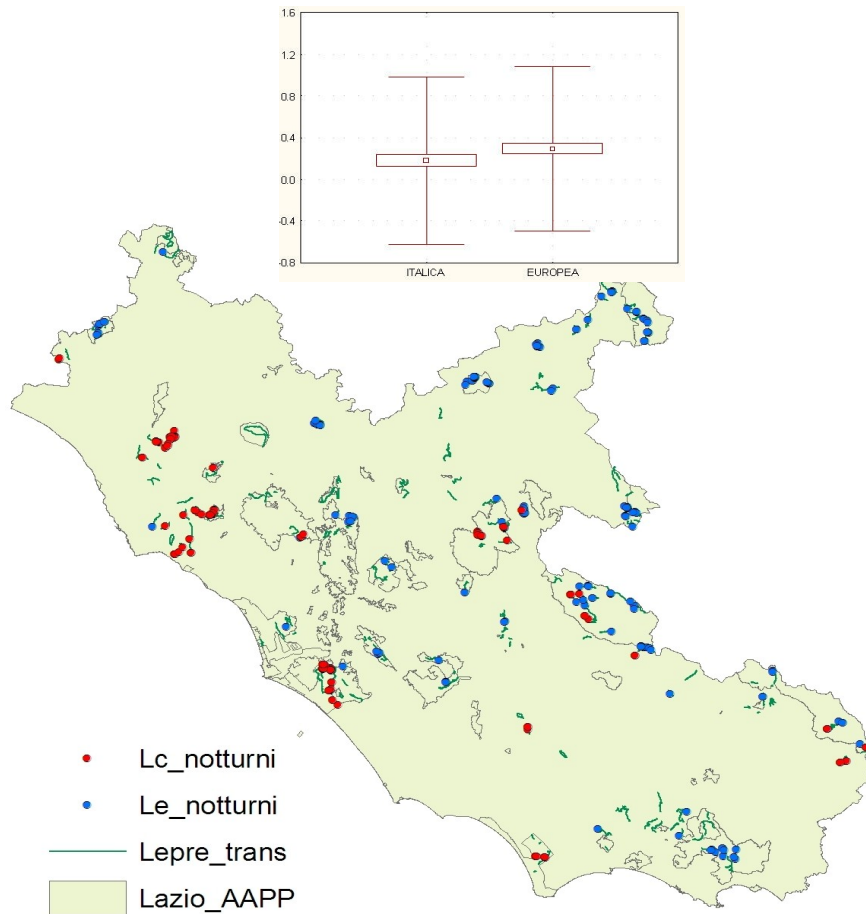


Figura 5.2.– Riepilogo dei punti di avvistamento ed dei transetti effettuati

Nella tabella 5.2 è riportato il numero totale di campioni di escrementi raccolti e la relativa determinazione specifica, effettuata con l'analisi genetica del DNAMt (*cf.* Pierpaoli *et al.*, 2007).

Tot. Campioni	<i>L. corsicanus.</i>	<i>L.europaeus</i>
419	90	329

Tabella 5.2- Campioni raccolti e relativa determinazione della specie.

Sono stati percorsi 510 transetti a piedi per un totale di 212,62 km: i transetti negativi, in cui non si sono rinvenuti escrementi freschi di *Lepus*, sono stati 404 (159,49 km) e quelli positivi 106 (53,13 km).

Complessivamente i campioni spediti al laboratorio hanno dato risposta positiva all'estrazione del DNA per un'efficienza dell' 79,7%.

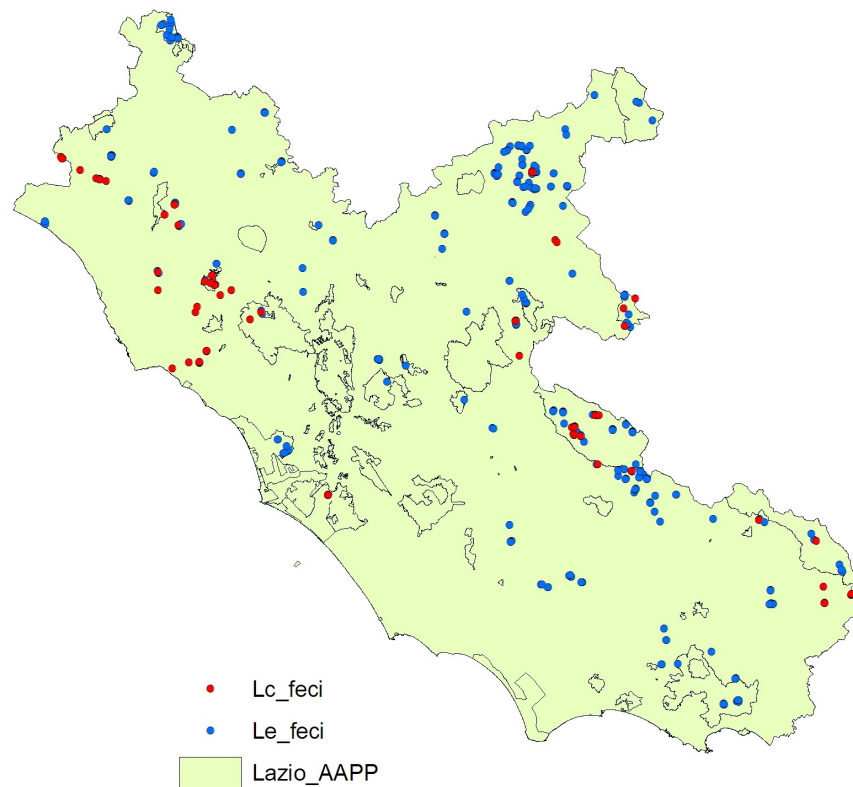


Figura 5.3.Riepilogo dei punti di raccolta feci

5.2. Analisi ecologica

Unendo i risultati delle metodologie di indagine applicate, è stato possibile arrivare a 738 determinazioni specifiche: 203 riferite a *L. corsicanus* e 535 a *L. europaeus*.

5.2.1. Confronto tra le localizzazioni di *L. corsicanus* e *L. europaeus*

Dal confronto fra la distribuzione delle due specie rispetto alle 16 variabili ambientali prese in considerazione, il test di *U Mann-Whitney* ha dato i risultati riportati nelle tabelle 5.7 e 5.8

	ALT	PEND	DIST_BOSCO	DIST_URB	ESP	AAPP
Mann-Whitney U	31483,000	44492,000	47818,000	44390,500	52237,5	49129,5
Wilcoxon W	58511,000	71520,000	74846,000	71418,500	172042,5	168934,5
Z	-9,661	-4,691	-3,449	-4,721	-1,717	-3,375
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,000	,001	,000	,086	,001

Tabella 5.7 – Test di *U Mann-Whitney*: risultati del confronto fra le localizzazioni di *L. corsicanus* e *L. europaeus* rispetto ad altitudine, pendenza, distanza dal bosco e dall'urbano, esposizione e aree protette.

	SUP_ART	SEMINATIVI	COLT PERMAN	ZONE AGRIC	PRAT_BRUG
Mann-Whitney U	56235,000	55441,000	55892,000	56612,500	51369,000
Wilcoxon W	176040,000	175246,000	175697,000	176417,500	78397,000
Z	-2,055	-,666	-,675	-,062	-2,218
Asymp. Sig. (2-tailed)	,040	,505	,500	,951	,027

	MACCHIA GARIG	VEG ASS	BOSCO MED	BOSCO TEMP	BOSCO TRANSIZ
Mann-Whitney U	55135,000	53413,000	50473,500	49073,500	46540,500
Wilcoxon W	82163,000	80441,000	170278,500	76101,500	166345,500
Z	-2,138	-3,273	-5,073	-3,918	-4,454
Asymp. Sig. (2-tailed)	,033	,001	,000	,000	,000

Tabella 5.8 Test di *U Mann-Whitney*: risultato del confronto tra le frequenze delle tipologie ambientali rilevate nei *buffer* delle localizzazioni di *L. corsicanus* e *L. europaeus*.

I parametri ambientali per cui il test ha evidenziato delle differenze significative tra le due specie sono:

- Altitudine;

- Pendenza;
- Distanza dai boschi;
- Distanza dalle zone artificiali;
- Praterie e brughiere;
- Macchia e garighe;
- Zone a vegetazione rada e assente;
- Bosco a fascia Mediterranea;
- Bosco a fascia Temperata;
- Bosco a fascia di transizione;

Nelle tabelle 5.9 e 5.10 sono riportate le statistiche descrittive di tali parametri, rispettivamente, per *L. corsicanus* e *L. europaeus*.

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
ALT	26	1825	497,38	487,320
PEND	0	31	6,00	5,513
DIST_BOSCO	0	1047	151,97	208,057
DIST_ARTIFIC	295,31	8878,09	2918,91	1968,89
PRAT_BRUG	0	100	24,42	34,430
MACCHIA_GARIG	0	90	,64	7,043
VEG_ASS	0	88	,80	8,137
BOSCO MED	0	100	5,89	19,052
BOSCO TEMP	0	100	6,95	20,483
BOSCO TRANS	0	100	26,27	38,843

Tabella 5.9 Statistiche descrittive delle variabili significative in *L. corsicanus*.

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
ALT	6	2038	941,26	569,251
PEND	0	39	8,94	7,718
DIST_BOSCO	0	8186	306,13	716,832
DIST_ARTIFIC	17,46	10275,88	3590,29	2015,96
PRAT_BRUG	0	100	32,44	39,299
MACCHIA_GARIG	0	92	1,76	10,719
VEG_ASS	0	98	3,62	15,105
BOSCO MED	0	100	1,79	11,049
BOSCO TEMP	0	100	13,12	27,042
BOSCO TRANS	0	100	14,46	28,071

Tabella 5.10 -Statistiche descrittive delle variabili significative in *L. europaeus*.

Lepre italica e la Lepre europea hanno una distribuzione significativamente differente rispetto all'altitudine ($\chi^2_{20} = 315.9$ $P < 0.000001$) con la prima specie che risulta presente maggiormente a quote meno elevate (Fig. 5.4.)

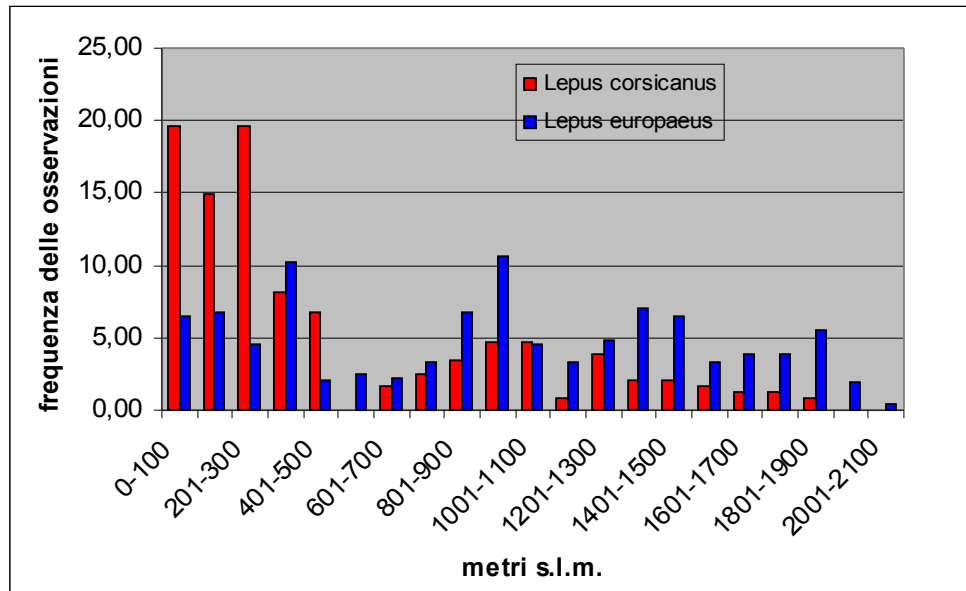


Figura 5.4.: frequenza delle osservazioni di *Lepus corsicanus* e *Lepus europaeus* in diverse fasce altitudinali

La Lepre italiana risulta localizzata in una fascia altitudinale ampia quasi 1800 m, compresa tra i 26 m s.l.m. e i 1825 m s.l.m. il valore medio degli avvistamenti si colloca ad un valore di circa 500 m s.l.m.; quella della lepre europea invece ha un range più ampio che arriva a poco più di 2000 m, il valore medio è quasi il doppio della lepre italiana, infatti sfiora i 1000 m. (fig. 5.5.)

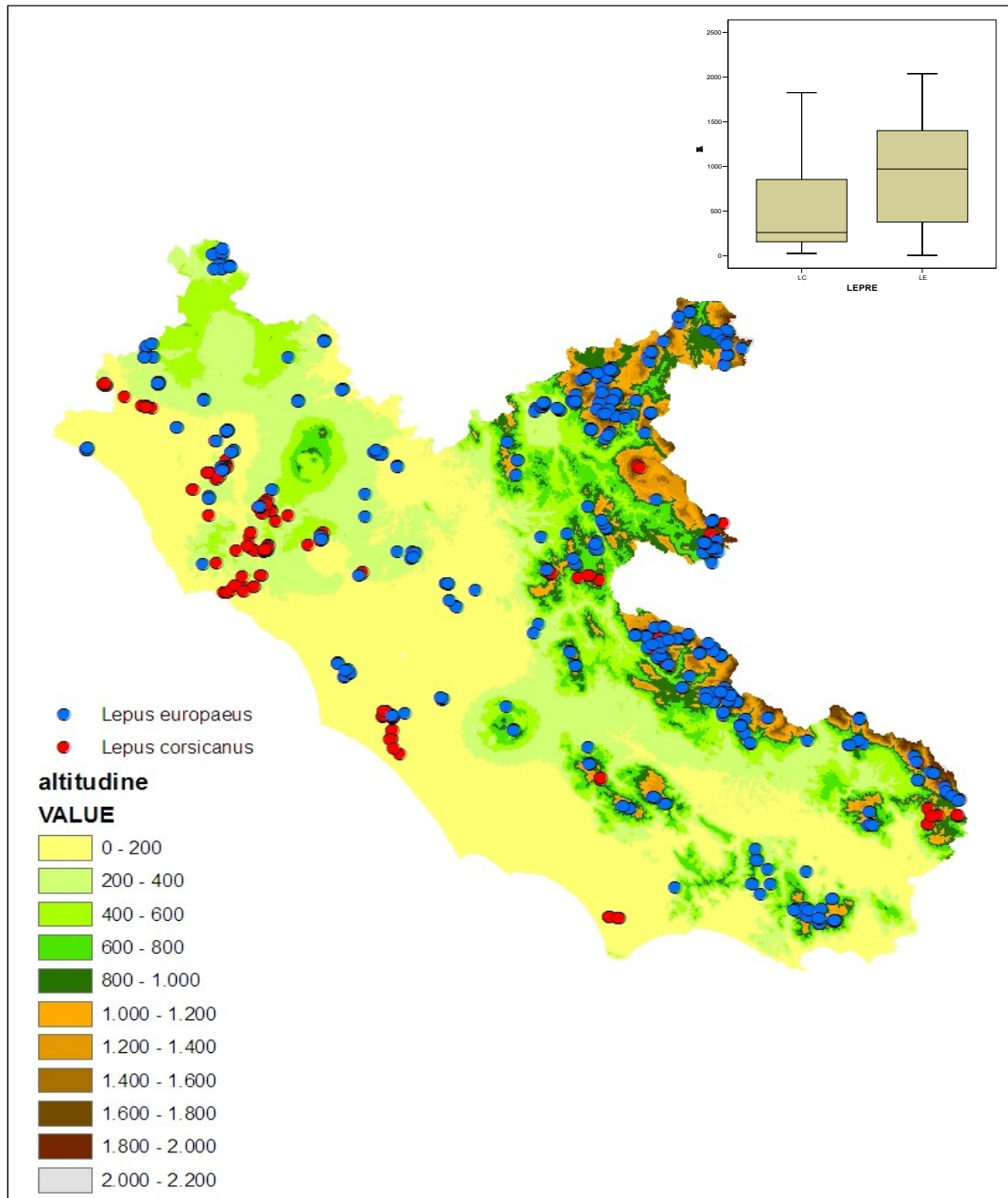


Figura 5.5. Distribuzione altitudinale di *L. corsicanus* e *L. europaeus*.

La pendenza del terreno sul quale si sono verificate le osservazioni delle lepri oscilla da 0° a 39°, essa risulta tra le variabili significative infatti la lepre italiana ha un valore medio di 6° e la lepre europea di 8,94°.(Fig 5.6.)

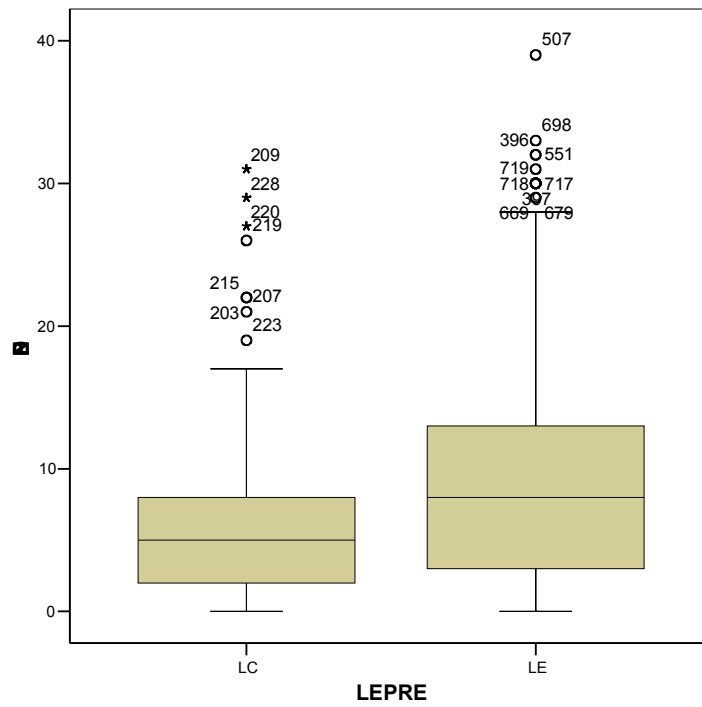


Figura 5.6.– Distribuzione dei punti rispetto alla pendenza del territorio

Per la Lepre italica la distanza dai boschi varia tra 0 e 1000 m circa, mentre per la lepre europea è compresa tra 0 e 8.000 m circa, con valori medi per la prima di 150 m e per seconda di 300 m; la distanza dall'urbano per la Lepre italica ha valori compresi tra 300 m e quasi 9.000 m con valori medi di quasi 3.000 m, mentre per la lepre europea i valori sono compresi tra 20 m e 10.000 m con valori medi di 3.500 m. (fig 5.7.)

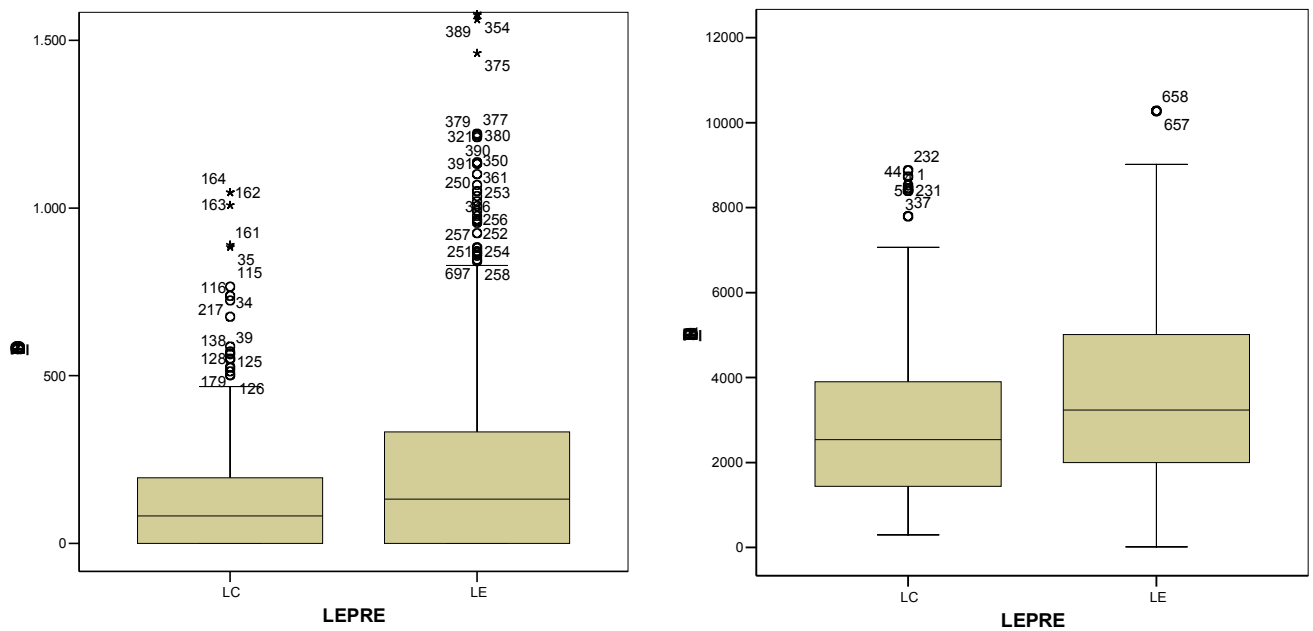


Figura 5.7.-Distribuzione distanza dal bosco e distanza dalle zone artificiali di *L. corsicanus* e *L. europaeus*.

Nella figura 5.8 sono rappresentate le percentuali ambientali dei *buffer* delle localizzazioni delle due specie.

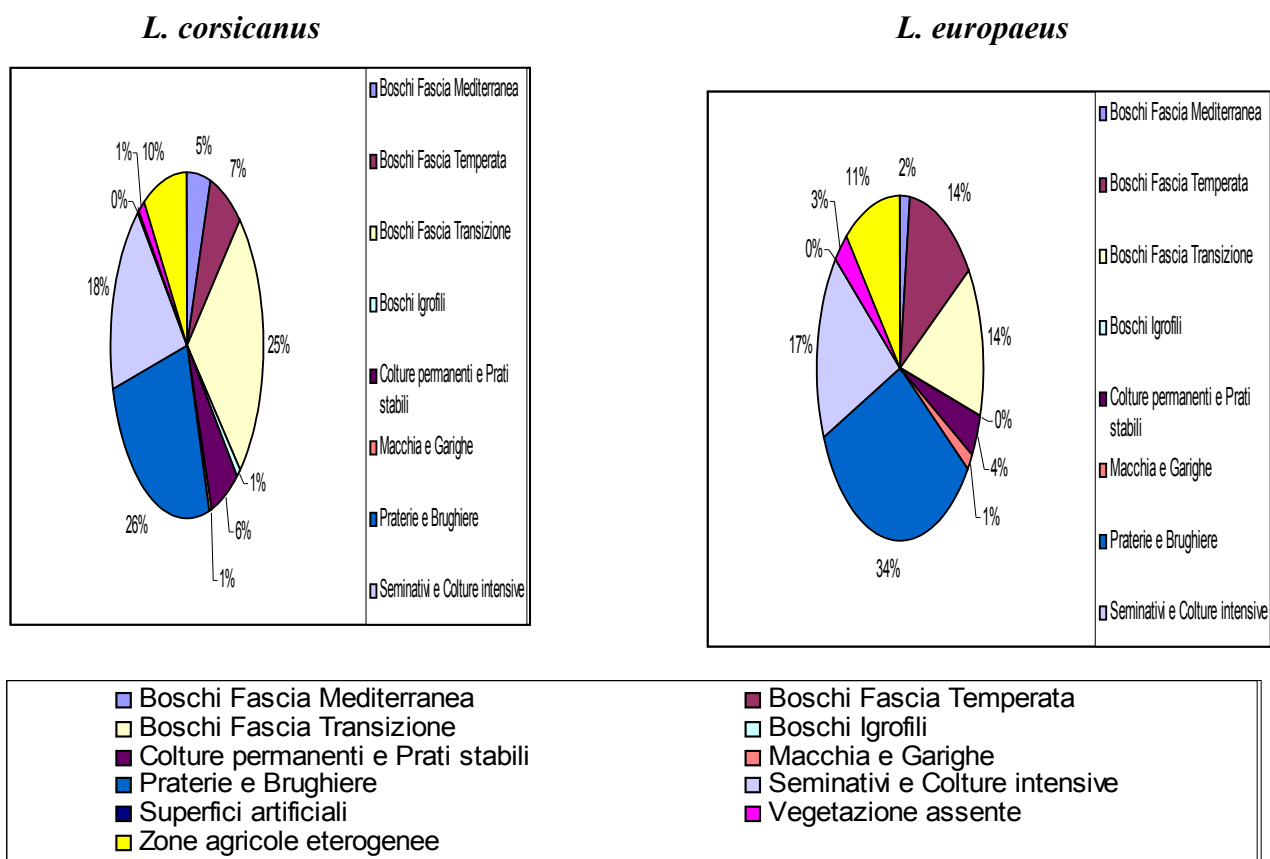


Figura 5.8 - Caratterizzazione ambientale delle aree *buffer* create intorno alle localizzazioni della Lepre italiana e lepre europea

I *buffer* intorno alle localizzazioni di *L. corsicanus* sono caratterizzati da una frequenza significativamente maggiore di: boschi della fascia di Trasizione, e minore di aree a prateria e brughiere rispetto a quelli di *L. europaeus* (fig. 5.9)

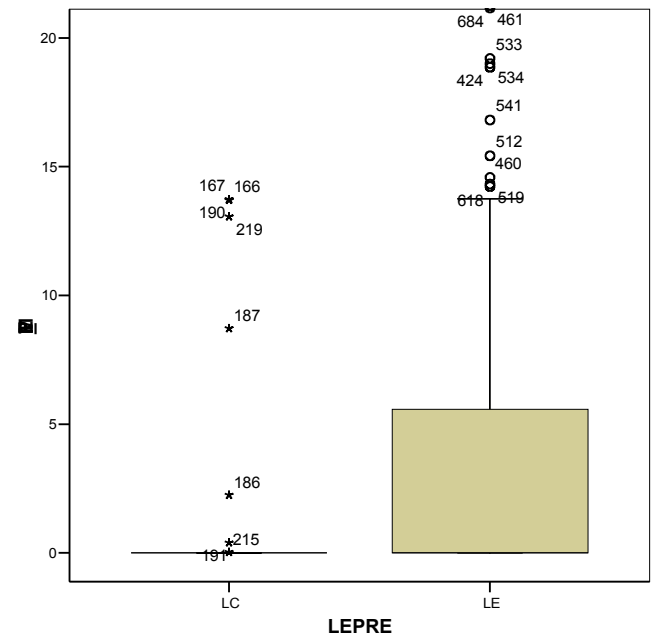
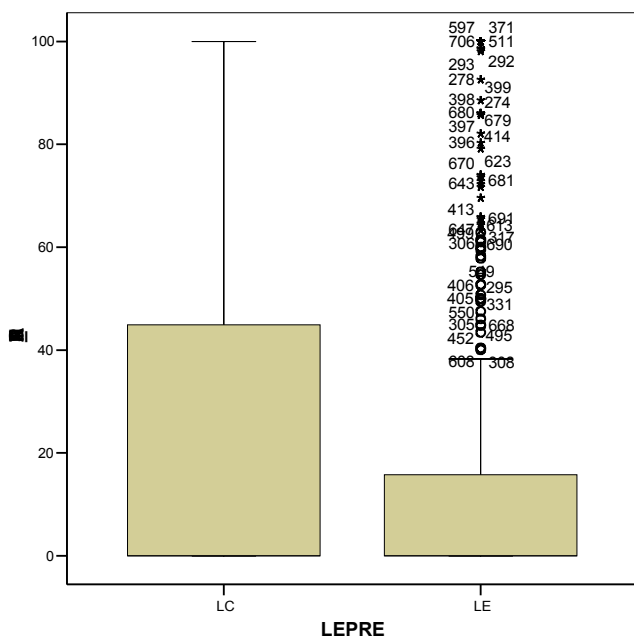
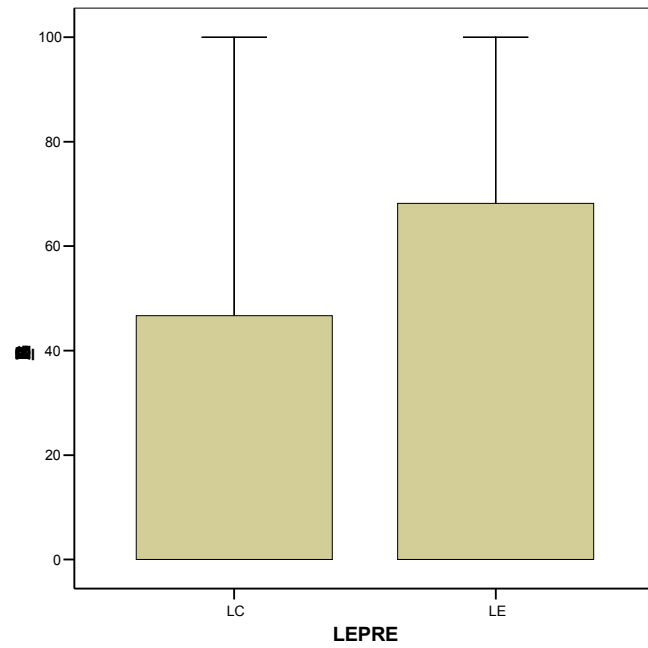


Figura 5.9 – Porzione dell'area *buffer* occupata dalle categorie ambientali, per cui è stata evidenziata una differenza significativa tra le due specie .

5.2.2. Confronto tra le localizzazioni di *L. corsicanus* e *L. europaeus* sulle variabili climatiche

Dal confronto fra la distribuzione delle due specie rispetto alle 7 variabili climatiche prese in considerazione, il test di *U Mann-Whitney* ha dato i risultati riportati nella tabella 5.11

	AI	PTOT	PW	PS	TM	TMN	TMX
Mann-Whitney U	31441,50	33747,50	37594,50	25674,00	29508,50	25472,50	39554,50
Wilcoxon W	58469,50	60775,50	64622,50	52702,00	142558,5	138522,5	152604,5
Z	-9,279	-8,374	-6,866	-11,541	-10,037	-11,619	-6,097
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000

Tabella 5.11 – Test di *U Mann-Whitney*: risultati del confronto fra le localizzazioni di *L. corsicanus* e *L. europaeus* rispetto indice di aridità(Ai), precipitazioni annue(Ptot), precipitazione annue

invernali(Pw), precipitazione annua estiva(Ps), media della temperatura media(Tm), media della temperatura minima del mese di gennaio (Tmn) e media della temperatura massima del mese di

luglio (Tmx).

L'analisi statistica ha riportato differenze significative per tutti i parametri climatici .

Nella tabella 5.12a e b. sono riportate le statistiche descrittive di tali parametri, rispettivamente, per *L. corsicanus* e *L. europaeus*

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
AI	29,79	117,19	48,80	20,24
PTOT	769,87	1905,84	1078,75	281,43
PW	247	631	351,22	93,72
PS	71	238	119,17	41,86
TM	4,68	16,31	13,19	2,73
TMN	-5,60	5,82	2,17	2,77
TMX	18,60	30,13	28,51	2,50

Tabella 5.12a- Statistiche descrittive delle variabili significative in *L. corsicanus*.

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
AI	29,20	128,30	65,86	24,77
PTOT	758,41	1988,05	1297,73	321,42
PW	252	655	413,73	113,38
PS	76	255	160,36	44,00
TM	4,54	16,02	10,75	3,06
TMN	-5,46	5,13	-,44	2,71
TMX	17,92	31,45	25,27	3,52

Tabella 5.12b Statistiche descrittive delle variabili significative in *L. europaeus*.

Tra le numerose possibili classificazioni climatiche mediante l'uso di indici sintetici proposte dagli studiosi di climatologia e geografia nel corso degli anni, in questo studio viene considerato **l'Indice di aridità di De Martonne**. Per la classificazione dell'Indice di aridità di De Martonne (Ia), i parametri climatici considerati sono le precipitazioni medie annue (mm) e la temperatura media annua (°C).

Pertanto, la formula proposta da De Martonne è la seguente:

$$Ia = P/(T + 10)$$

P = precipitazioni medie annue (mm);

T = temperatura media annua (°C).

L'Autore ha definito 5 classi climatiche, come in tabella:

CLIMA	Ia
Umido	> 40
Temperato umido	40-30
Temperato caldo	30-20
Semiarido	20-10
Steppa	10

L'analisi statistica (Fig 5.10.) ha riportato significative differenze tra le due lepri per l'indice di aridità, la media dei valori della Lepre italiana è di 48 mentre per la lepre europea sia a 65, ciò segna che la Lepre italiana è legata per lo più ad un ambiente con clima Temperato umido mentre la Lepre europea ad un ambiente Umido.

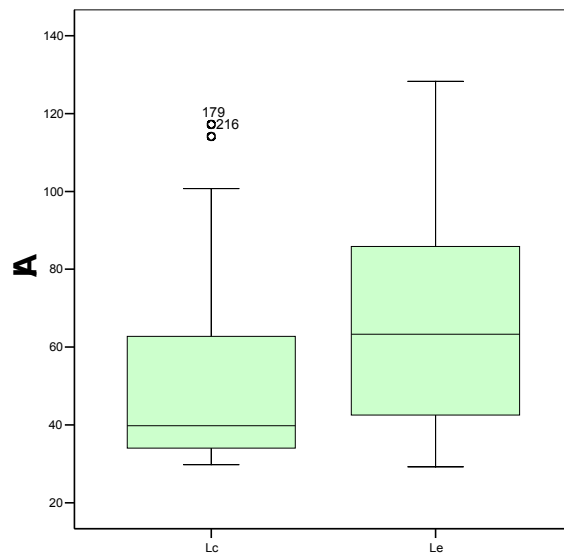


Figura 5.10.– Distribuzione dell'indice di aridità di *L. corsicanus* e *L. europaeus*.

L'analisi statistica ha riportato significative differenze tra le due lepri per le variabili di temperatura.

(Fig 5.11) Per la lepre italiana la media delle temperature medie è di 13.19 °C con un valore massimo di 16.31°C e un valore minimo di 4.68°C, il valore medio della temperatura minima del mese di gennaio è di 2.17°C e di 28.51°C per quanto riguarda la temperatura massima del mese di luglio.

Per la lepre europea la media delle temperature medie è di 10.75°C con un valore massimo di 16.02°C e un valore minimo di 4.54°C, il valore medio della temperatura minima del mese di gennaio è di -0.44°C e di 25.27°C per quanto riguarda la temperatura massima del mese di luglio.

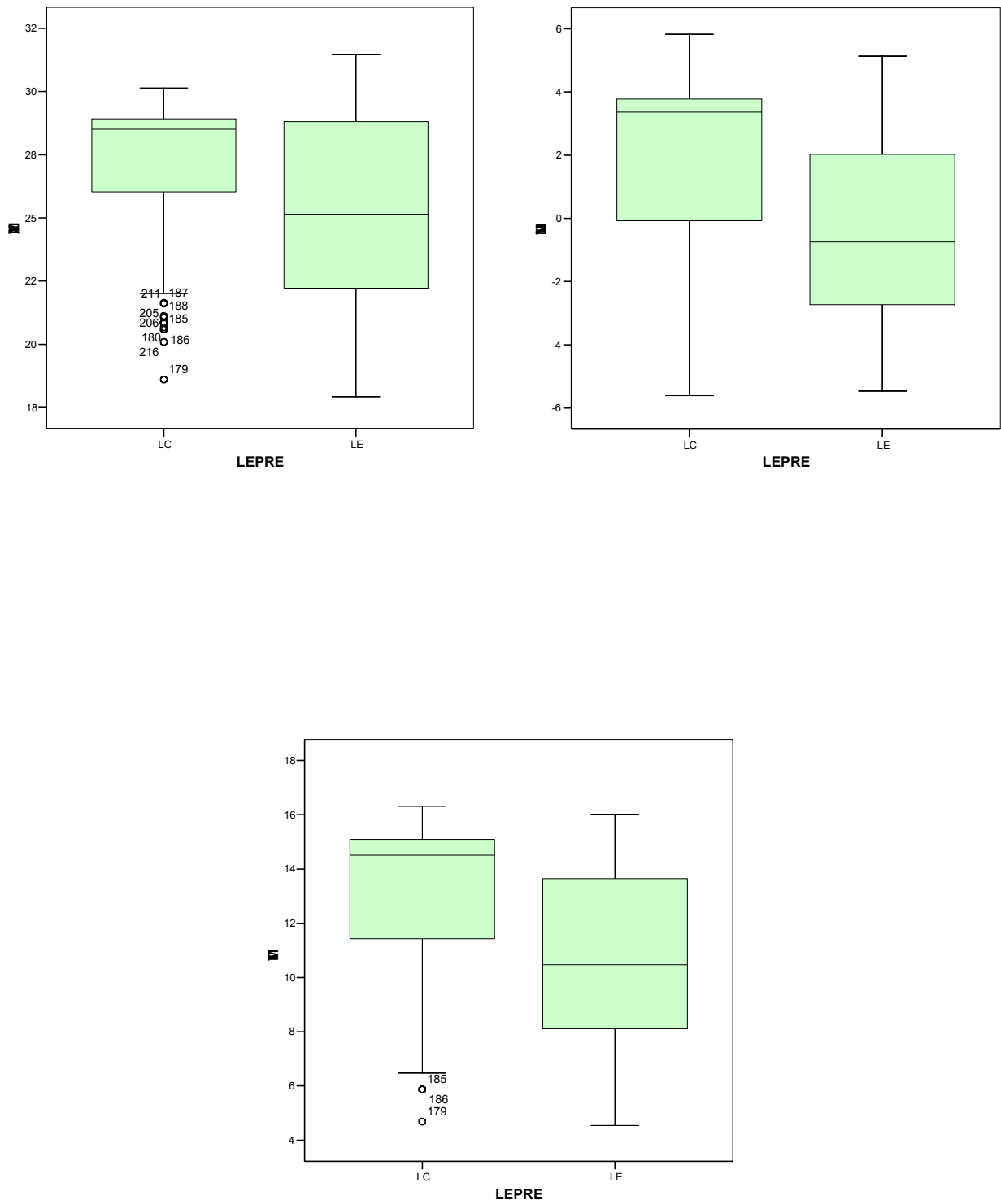


Figura 5.11.-Distribuzione della Media della temperatura minima del mese di gennaio (Tmn), la media della temperatura massima del mese di luglio (Tmx), e la Media della temperatura media (Tm) di *L. corsicanus* e *L. europaeus*.

Per quanto riguarda le precipitazioni, i punti dove è stata trovata la lepre italiana hanno dei valori medi di 1.078 mm di pioggia all'anno, nei mesi estivi diminuisce a 119,17 mm e nel periodo invernale si arriva a un valore medio di 351,22 mm all'anno. Per la lepre europea il valore medio delle precipitazioni annue è di 1.297,73 mm, nei mesi estivi il valore medio diminuisce a 160,36 e nei mesi invernali è di 413,73 mm all'anno.

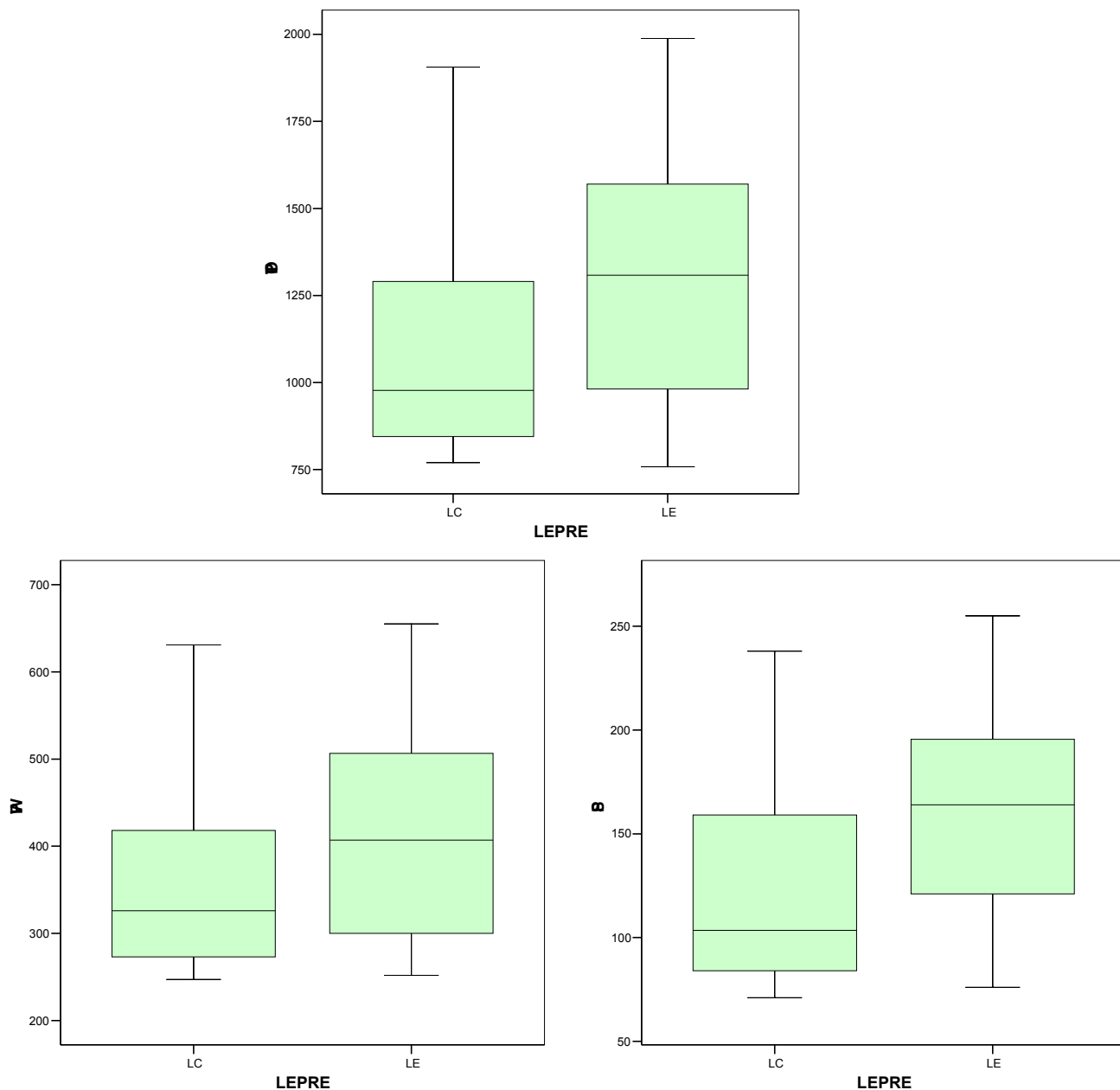


Figura 5.12.– Precipitazione annua (Ptot), precipitazione annua estiva(Ps) e precipitazione annua invernale(Pw) di *L. corsicanus* e *L. europaeus*.

5.3. Modello Attuale della *Lepus corsicanus* e *Lepus europaeus*

Le carte di distribuzione delle specie animali sono utili per vedere l'evoluzione della loro ripartizione nel territorio e sapere il loro stato di salute: se sono in fase di colonizzazione o se occupano già la totalità del territorio. Le carte reali di distribuzione, sufficientemente precise e complete, sono difficili da ottenere, specialmente quando si ha a che fare con specie difficili ad osservare, per questo motivo si utilizzano le carte di distribuzione potenziale, rappresentando l'area sulla quale la presenza della specie è teoricamente possibile.

Queste carte, ottenute con dati di osservazione, possono però orientare delle ricerche e stimolare interventi nelle zone favorevoli alla specie e quindi attivare una gestione delle specie minacciate.

Il metodo da me utilizzato per creare un Modello del habitat potenziale è l'ENFA, è un metodo messo a punto all'IZEA, istituto di zoologia e di ecologia animale, di Losanna da Alzare, Perrin e Hirzel.

Si basa unicamente sui dati di presenza della specie evitando il rischio di affidare ai punti dove non è stata rilevata la presenza di entrambe le lepri come una falsa assenza.

Per creare la carta di idoneità dell'habitat e utilizzare così le mie informazioni con Biomapper, ho preparato una carta per ogni variabile ecogeografica, nella seguente tabella 5.13. sono elencate le EGV utilizzate:

Categorie variabili	Descrizione	Codice EGV	Codice Biomapper
Topografiche	Esposizione	Esp	7
	Pendenza	Slo	14
Climatiche	Indice di aridità	Ai	2
	Precipitazione annua	Ptot	12
	Precipitazioni annue estive	Ps	11
	Media della temperatura media	Tm	16
	Media della temperatura minima del mese di gennaio	Tmn	17
Uso del suolo	Zone agricole	Agric	1
	Seminativi	Semina	13
	Colture permanenti	Coltperm	6
	Zone a vegetazione rada o assente	Vegass	18
	Vegetazione arbustiva e/o erbacea	Pratarb	10
	Bosco della fascia mediterranea	Bmedit	3
	Bosco della fascia temperata	Btemp	4
	Bosco della fascia di transizione	Btrans	5
	Aree di Macchia e garighe	Macchia	9

Antropiche	Superfici artificiali	Supart	15
	Indice di frammentazione da infrastrutture	Ifi	8

Tabella 5.13 : Elenco delle EGV utilizzate nel modello di idoneità

La riduzione delle variabili esprime complessivamente il 75% della varianza delle EGV originarie. Il valore percentuale è distribuito fra i due fattori come esposto in figura 5.13 , che indica anche la relazione esistente tra i fattori principali e le variabili originarie: sia per la *Lepus corsicanus* che per la *Lepus europaeus*.

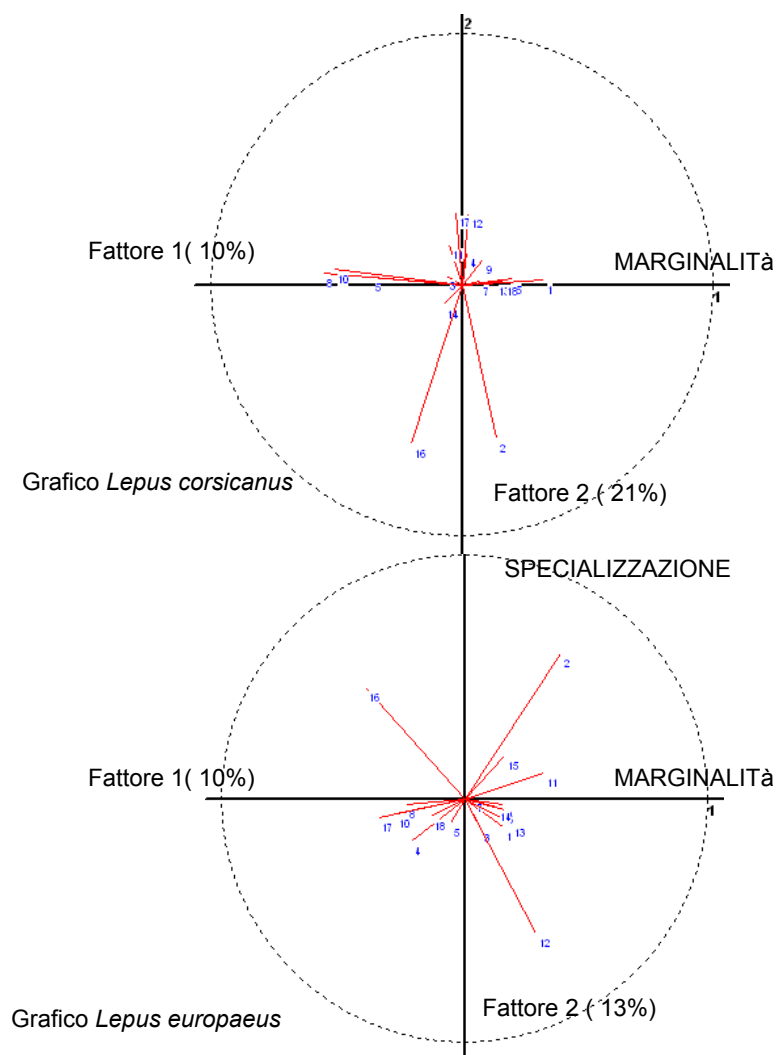


Figura 5.13.-distribuzione EGV sui diversi fattori

Il significato ecologico del primo fattore è la **marginalità globale M** della specie nel passaggio considerato. Questo indice massimizza la differenza assoluta tra la mediana delle condizioni ambientali utilizzate dalla specie e la mediana delle condizioni ambientali disponibili nel paesaggio; assume così valori compresi fra 0 e 1, progressivamente crescenti quanto più la specie non è ugualmente rappresentata nel paesaggio. In altre parole all'interno di questo *range* valori più elevati indicano una tendenza della specie a sfruttare condizioni ecologiche marginali rispetto a quelle maggiormente espresse dal paesaggio considerato, mentre valori più bassi indicano che la specie tende a vivere nelle condizioni ecologiche maggiormente disponibili nell'area di studio.

Il valore di marginalità calcolato per la *Lepus corsicanus* nel paesaggio analizzato è $M= 0.726$ mentre per la *Lepus europaeus* è $M= 1.655$

Il significato ecologico del secondo fattore è la **specializzazione globale**, che massimizza la varianza della distribuzione globale ed esprime il rapporto tra la varianza delle condizioni ambientali disponibili nel paesaggio e la varianza di quelle sfruttate dalla specie. Ogni valore dell'indice superiore a 1 indica una forma di specializzazione.

Nei casi esaminati la specializzazione di *Lepus corsicanus* nel paesaggio considerato è $S= 1.571$ mentre per la *Lepus europaeus* è $S= 1.124$.

I coefficienti di marginalità nella tabella 5.14 e 5.15 a,b sono in ordine decrescente rispetto al valore assoluto. Valori positivi di questo fattore significano che la Lepre preferisce luoghi con valori più elevati della EGV corrispondente rispetto alla media nella regione Lazio, inversamente succede per i valori negativi.

EGV	Fatt 1 (10%)	Fatt 2 (21%)	Fatt 3(18%)	Fatt 4(10%)	Fatt 5(7%)
ifi-box	-0,556	0,049	0,046	0,047	-0,017
pratbru-dist-box QT	-0,509	0,066	0,069	0,028	-0,001
btrans-dist-box QT	-0,358	0,032	0,19	0,026	-0,039
agric-dist-box QT	0,324	0,021	0,15	-0,066	-0,035
tm QT	-0,204	-0,63	-0,499	-0,652	0,466
coltperm-dist-box QT	0,198	0,026	0,089	-0,018	0,038
supart-dist-box QT	0,175	0,021	-0,108	-0,033	-0,081
vegass-dist-box QT	0,16	0,019	0,055	-0,065	0,135
ai QT	0,136	-0,606	-0,298	-0,104	0,633
semina-dist-box QT	0,13	0,015	0,109	0,104	0,026
macchia-dist-box QT	0,079	0,103	-0,213	-0,038	-0,104
slo QT	-0,077	-0,078	-0,073	0,01	0,017
esposizione QT	0,072	0,016	-0,032	0,018	-0,023
bmedit-dist-box QT	-0,067	0,04	0,239	0,053	-0,022
ps QT	-0,054	0,16	-0,414	0,236	0,051
tmn1 QT	-0,026	0,289	0,239	0,657	-0,204
ptot QT	0,023	0,286	0,473	-0,209	-0,526
btemp-dist-box QT	0,016	0,128	-0,023	-0,055	-0,143

Tabella 5.14.a- Varianza spiegata dei primi 5 fattori ecologici, e i valori dei coefficienti per le 18 variabili di *Lepus corsicanus*

EGV	Fatt 1(10%)	Fatt 2 (13%)	Fatt 3(11%)	Fatt 4(9%)	Fatt 5(8%)
tm QT	-0,406	0,456	0,543	0,769	0,122
ai QT	0,391	0,597	-0,122	0,365	-0,502
tmn1 QT	-0,354	-0,076	-0,704	-0,403	-0,433
ps QT	0,322	0,11	-0,019	0,009	-0,103
ptot QT	0,289	-0,546	0,224	-0,128	0,631
pratbru-dist-box QT	-0,284	-0,058	0,04	0,008	-0,065
ifi-box	-0,242	-0,021	0,042	-0,019	0,089
btemp-dist-box QT	-0,218	-0,172	0,149	-0,108	0,24
semina-dist-box QT	0,189	-0,097	0,173	0,154	-0,172
supart-dist-box QT	0,164	0,179	0,054	-0,086	0,101
coltperm-dist-box QT	0,162	-0,041	-0,216	0,126	0,039
agric-dist-box QT	0,158	-0,112	0,142	-0,016	-0,075
macchia-dist-box QT	0,154	-0,021	-0,096	-0,09	0,069
vegass-dist-box QT	-0,141	-0,073	-0,026	-0,006	-0,085
slo QT	0,13	-0,033	0,007	0,002	0,017
bmedit-dist-box QT	0,063	-0,12	-0,089	0,144	0,02
btrans-dist-box QT	-0,058	-0,098	-0,004	-0,093	0,089
esposizione QT	0,037	0,007	0,033	0,001	-0,009

Tabella 5.14b- Varianza spiegata dei primi 5 fattori ecologici, e i valori dei coefficienti per le 18 variabili di *Lepus europaeus*

Per la *Lepus corsicanus*

I coefficienti di marginalità mostrano che la lepre italiana è essenzialmente legata alla distanza dalle zone di prateria e brughiere e alla distanza dai boschi di transizione, ciò lega la lepre a una frequenza di tali zone sul territorio laziale.

Al contrario tende a evitare zone altamente infrastrutturali e zone agricole.

Per quanto riguarda il fattore di specializzazione mostra una sensibilità ai fattori di temperatura e indice di aridità.

L'elaborazione dell'enfa ha inoltre riportato un valore dell'indice di Boyce = 0,83 +/- 0,29

Per la *Lepus europaeus*

I coefficienti di marginalità mostrano che la Lepre europea è essenzialmente legata alla distanza dalle zone di prateria e brughiere e alla distanza dai boschi di tipo temperato, ciò lega la lepre a una frequenza di tali zone sul terreno laziale.

Al contrario tende a evitare zone con certi valori di temperatura, selezionando zone con valori più bassi rispetto alla media della regione.

Come fattori di specializzazione anche qui risultano due dati climatici come temperatura e indice di aridità

L'elaborazione dell'enfa ha inoltre riportato un valore dell'indice di Boyce = $0,84 \pm 0,23$

EGV	Fatt 1(10%)	Fatt 2(21%)	Fatt 3 (18%)	Fatt(10%)	Fatt 5 (7%)
agric-dist-box_QT	+++	0	**	*	0
ai_QT	+	*****	***	*	*****
bmedit-dist-box_QT	-	0	**	*	0
btemp-dist-box_QT	0	*	0	*	*
btrans-dist-box_QT	----	0	**	0	0
coltperm-dist-box_QT	++	0	*	0	0
esposizione_QT	+	0	0	0	0
ifi-box	-----	0	0	0	0
macchia-dist-box_QT	+	*	**	0	*
pratbru-dist-box_QT	----	*	*	0	0
ps_QT	-	**	****	**	*
ptot_QT	0	***	*****	**	*****
semina-dist-box_QT	+	0	*	*	0
slo_QT	-	*	*	0	0
supart-dist-box_QT	++	0	*	0	*
tm_QT	--	*****	*****	*****	*****
tmn1_QT	0	***	**	*****	**

vegass-dist-box_QT

++

0

*

*

*

Tabella 5.15a-Score table *Lepus corsicanus*

EGV	Fatt 1(10%)	Fatt 2 (13%)	Fatt 3(11%)	Fatt 4(9%)	Fatt 5(8%)
agric-dist-box_QT	++	*	*	0	*
ai_QT	++++	*****	*	****	*****
bmedit-dist-box_QT	+	*	*	*	0
btemp-dist-box_QT	--	**	*	*	**
btrans-dist-box_QT	-	*	0	*	*
coltperm-dist-box_QT	++	0	**	*	0
esposizione_QT	0	0	0	0	0
ifi-box	--	0	0	0	*
macchia-distbox_QT	++	0	*	*	*
pratbru-dist-box_QT	---	*	0	0	*
ps_QT	+++	*	0	0	*
ptot_QT	+++	*****	**	*	*****
semina-dist-box_QT	++	*	**	**	**
slo_QT	+	0	0	0	0
supart-dist-box_QT	++	**	*	*	*
tm_QT	----	*****	*****	*****	*
tmn1_QT	----	*	*****	****	****
vegass-dist-box_QT	-	*	0	0	*

Tabella 5.15b-Score table *Lepus europaeus*

Nel fattore marginalità (Tab 5.15ae b) il simbolo + indica che la lepre è stata trovata in luoghi con valori superiori alla media. Il simbolo – indica il contrario. Maggiore è il numero di simboli più alta è la correlazione. 0 indica una correlazione bassa.

Nel fattore specializzazione * indica che la lepre si trova ad occupare una gamma più ristretta di valori a disposizione. Maggiore è il numero di simboli più ristretta è il range, 0 è una bassa specializzazione.

5.3.1. Confronto tra le nicchie ecologiche attuali

E' stata effettuata l'analisi discriminante per comparare le nicchie ecologiche della lepre italiana e della lepre europea (Legendre e Legendre 1998).. Per analizzare le nicchie delle due specie sono stati utilizzati vari indici (Hurlbert 1978) tramite il software Biomapper 4 (Hirzel et al. 2004,2007)

L'indice di ampiezza della nicchia di Hurlbert indica che la lepre italiana ha una nicchia più ristretta ($B'= 0.534$) rispetto alla lepre europea ($B'= 0,745$); l'indice di sovrapposizione di Hulbert ($L=0,993$) spiega che le specie utilizzano ogni stato di risorsa in proporzione alla loro abbondanza e tale indice tendente a 1 indica che le due nicchie non coincidono a pieno.

Ampiezza di nicchia	
----------------------------	--

Specie :	Europea
- Levins' niche breadth index B=	24,443
- Standardised Levins' niche breadth index B*= - Hurlbert's niche breadth index B'= Specie :	0,478
	0,745
	Italica
- Levins' niche breadth index B=	16,328
- Standardised Levins' niche breadth index B*= - Hurlbert's niche breadth index B'= Sovrapposizione di nicchia	0,313
	0,534
Europea e Italica	
- Hurlbert's overlap index L=	0,993
- Lloyd's interspecies patchiness I=	1,747

Tabella 5.16.-Risultati dell'analisi della nicchia delle Lepri

In ragione della marginalità e della specializzazione di *Lepus corsicanus* e *Lepus europaeus*, è stata realizzata la mappa di idoneità del habitat della specie relativa al paesaggio considerato (fig. 5.14e 5.15)

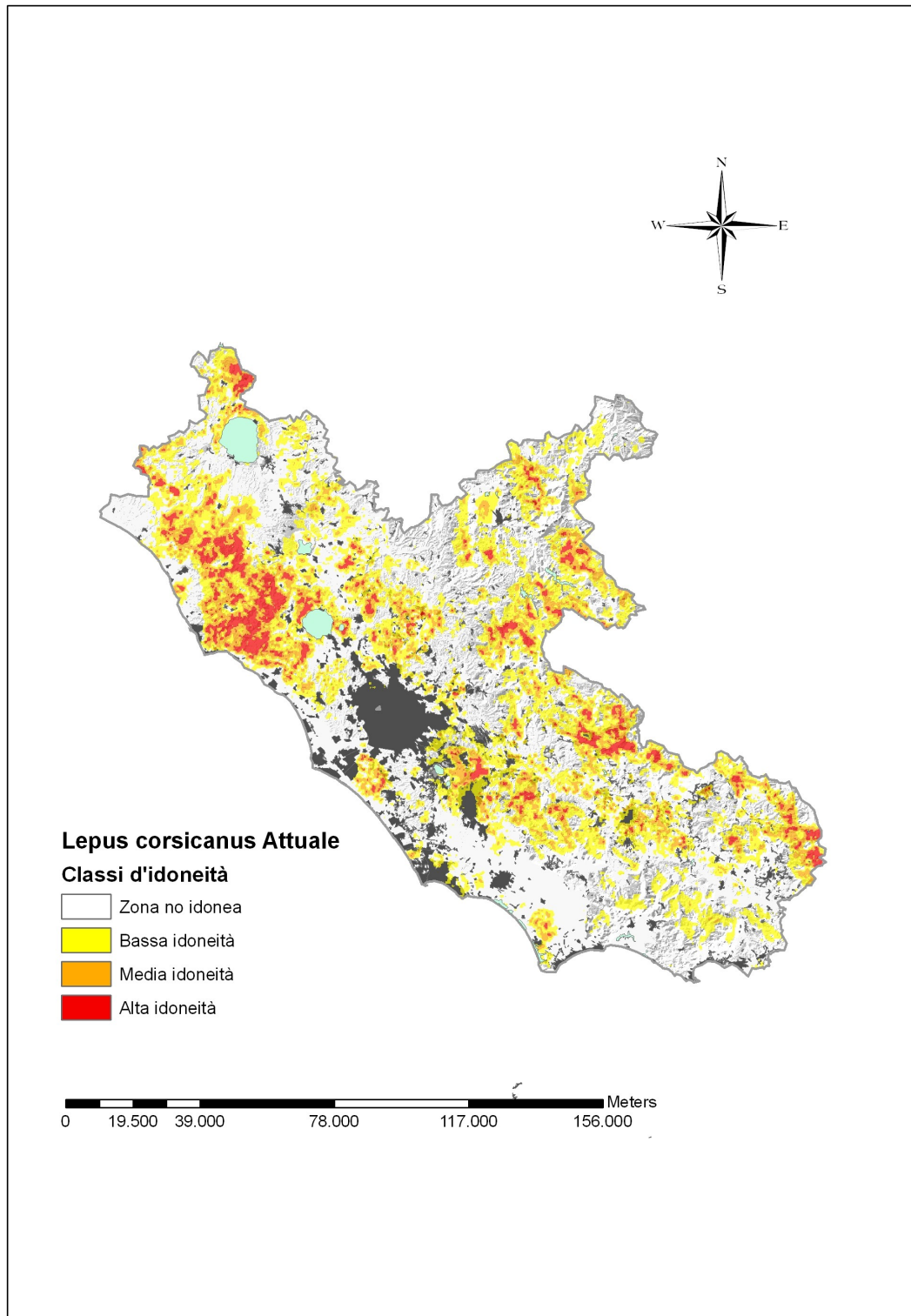


Figura 5.14 : Modello ottenuto che evidenzia le zone potenzialmente idonee alla *Lepus corsicanus*

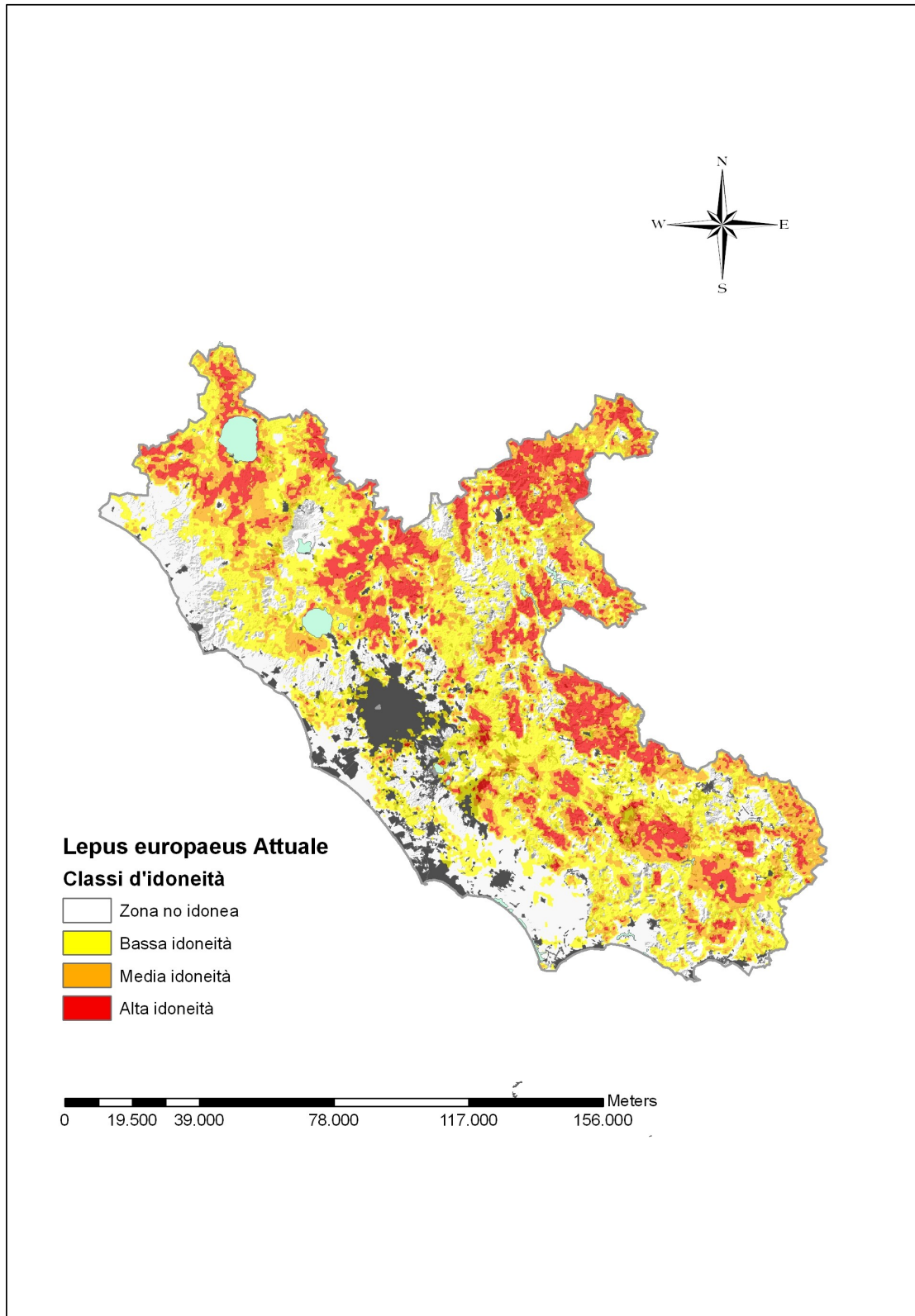


Figura 5.15 Modello ottenuto che evidenzia le zone potenzialmente idonee alla *Lepus europaeus*

5.4. Modelli degli scenari A1 e B1 della *Lepus corsicanus* e *Lepus europaeus*

Nel mio lavoro di tesi ho utilizzato due scenari A1 e B1 e su questi si sono creati i potenziali modelli di idoneità delle due specie di lepri.

Lo **scenario A1** della «*Rapida crescita convergente*». Rapida crescita economica, piccolo demografico verso il 2050 e successivo declino, rapida introduzione di tecnologie nuove e più efficaci, riduzione delle disparità socio-economiche tra i continenti.

Per creare il modello di idoneità nei due scenari sono state utilizzate le stesse variabili ambientali ma proiettate nei diversi scenari. (Tab 5.17)

EGV	Codice Biomapper	EGV	Codice Biomapper
ai	1	esposizione QT	10
ps	2	ifi	11
ptot	3	macchia	12
tm	4	pasprat	13
tmn	5	seminativi	14
bosmedit	6	slo QT	15
bostemp	7	supartif	16
bostrans	8	vegass	17
coltperm	9	zoneagric	18

Tabella 5.17.- EGV dello scenario A1 con rispettivo codice

La riduzione delle variabili esprime complessivamente l'88% della varianza delle EGV originarie.

Il valore percentuale è distribuito fra i due fattori come esposto in figura 5.16 che indica anche la relazione esistente tra i fattori principali e le variabili originarie: il primo fattore è particolarmente influenzato per quanto riguarda la *Lepus corsicanus* dalle seguenti EGV (13-14-12-3-9 positivamente) e (8-7-15 negativamente) mentre i rimanenti costituiscono il secondo asse. Per quanto riguarda la *Lepus europaeus* le EGV correlate alla marginalità sono (13-14-15-10 positivamente) e (16-18-8 negativamente) e i rimanenti costituiscono i due assi.

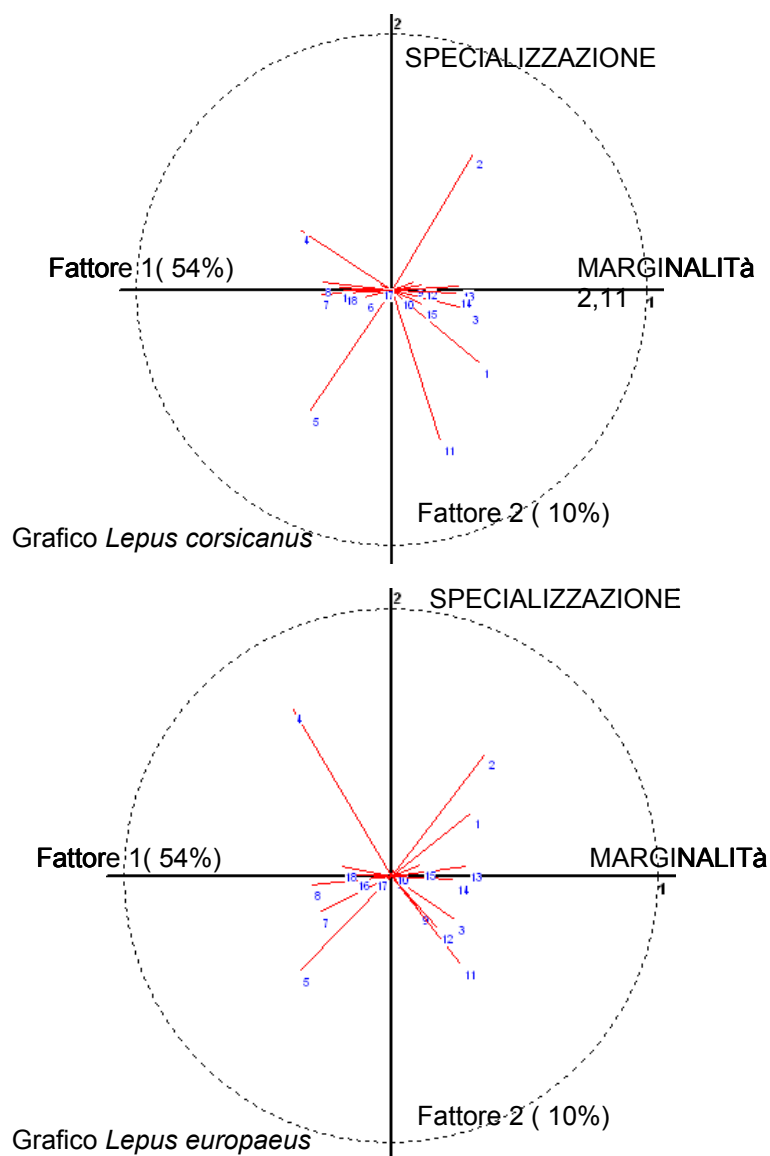


Figura 5.16.- Distribuzione EGV sui diversi fattori

Il valore di marginalità calcolato per la *Lepus corsicanus* nel paesaggio analizzato è $M= 1.89$ mentre per la *Lepus europaeus* è $M= 2.11$.

Nei casi esaminati la specializzazione di *Lepus corsicanus* nel paesaggio considerato è $S= 1.58$ mentre per la *Lepus europaeus* è $S= 2.09$.

I coefficienti di marginalità nella tabella 5.18 e 5.19 a,b sono in ordine decrescente rispetto al valore assoluto. Valori positivi di questo fattore significano che la Lepre preferisce luoghi con valori più elevati della EGV corrispondente rispetto alla media nella regione Lazio, inversamente succede per i valori negativi.

EGV	Fatt 1 (40%)	Fatt 2 (10%)	Fatt 3 (8%)	Fatt 4 (8%)	Fatt 5 (6%)
tm QT	-0,36	0,235	0,27	-0,609	-0,598
ai QT	0,346	-0,286	0,481	0,144	-0,001
tmn QT	-0,323	-0,471	0,285	0,611	0,604
ps QT	0,317	0,531	0,292	-0,289	-0,258
ptot QT	0,303	-0,078	-0,469	-0,106	-0,097
bostemp-dist-box QT	-0,279	-0,016	-0,402	-0,162	-0,243
bostrans-dist-box QT	-0,276	0,031	-0,109	-0,061	-0,121
seminativi-dist-box QT	0,261	0,018	0,021	0,025	-0,214
slo QT	0,254	-0,01	-0,079	0,007	-0,048
vegass-dist-box QT	-0,21	0,012	-0,053	0,089	0,036
ifi-box QT	-0,195	-0,001	0,01	0,068	0,013
macchia-dist-box QT	0,187	-0,587	-0,181	0,209	0,206
pascprat-dist-box QT	0,121	0,024	-0,071	-0,047	0,182
supartif-dist-box QT	0,117	-0,055	0,08	-0,219	0,012
bosmedit-dist-box QT	-0,105	-0,028	0,085	-0,01	-0,058
coltperm-dist-box QT	0,086	0,031	-0,271	0,028	0,013
zoneagric-dist-box QT	-0,049	0,023	0,015	-0,039	0,017
esposizione QT	0,026	-0,017	0,04	0,027	0,001

Tabella 5.18a- Varianza spiegata dei primi 5 fattori ecologici, e i valori dei coefficienti per le 18 variabili di *Lepus corsicanus* nello scenario A1

EGV	Fatt 1 (54%)	Fatt 2 (10%)	Fatt 3(8%)	Fatt 4 (5%)	Fatt 5 (4%)
tm QT	-0,371	0,63	0,135	-0,498	-0,325
ps QT	0,351	0,456	0,435	-0,169	-0,64
tmn QT	-0,347	-0,356	-0,157	0,531	0,217
bostrans-dist-box QT	-0,303	-0,033	-0,038	0,105	0,066
ai QT	0,295	0,239	0,275	-0,336	0,187
seminativi-dist-box QT	0,281	0,035	0,129	0,03	0,145
bostemp-dist-box QT	-0,269	-0,134	-0,014	-0,103	0,152
macchia-dist-box QT	0,261	-0,327	-0,481	0,374	0,526
ptot QT	0,236	-0,163	-0,651	0,271	0,094
slo QT	0,233	-0,012	0,018	-0,049	0,047
ifi-box QT	-0,186	0,039	-0,009	0,016	0,02
pascprat-dist-box QT	0,173	-0,193	0,012	0,186	-0,07
vegass-dist-box QT	-0,141	0,008	0,009	-0,012	-0,044
supartif-dist-box QT	0,109	0,042	-0,105	0,001	-0,187
coltperm-dist-box QT	0,102	-0,124	-0,036	-0,176	-0,028
zoneagric-dist-box QT	-0,069	0,004	0,019	0,124	-0,109
bosmedit-dist-box QT	0,008	0,011	-0,076	-0,088	-0,099
esposizione QT	0,004	0,025	-0,016	-0,02	0,033

Tabella 5.18b Varianza spiegata dei primi 5 fattori ecologici, e i valori dei coefficienti per le 18 variabili di *Lepus europaeus* nello scenario A1

Per la *Lepus corsicanus*

Il coefficiente di marginalità mostra la lepre italiana legata a variabili climatiche come l'indice di aridità e precipitazione dei mesi estivi, e inoltre un valore negativo della distanza dai boschi temperati e di transizione, lega la specie a questi due ambienti, e evita zone con seminativi.

Per il fattore di specializzazione la lepre sceglie le precipitazioni estive e la distanza dalle zone a macchia.

L'elaborazione dell'enfa ha inoltre riportato un valore dell'indice di Boyce = 0,9 +/- 0,2

Per la *Lepus europaeus*

Il coefficiente di marginalità mostra che la lepre italiana è essenzialmente legata a variabili climatiche come la lepre italiana invece tende a evitare zone con determinati valori di temperatura rispetto alla media regionale.

L'elaborazione dell'enfa ha inoltre riportato un valore dell'indice di Boyce = 0,95 +/- 0,15

EGV	Fatt 1 (40%)	Fatt 2 (10%)	Fatt 3 (8%)	Fatt 4 (8%)	Fatt 5 (6%)
ai_QT	+++	***	*****	*	0
ps_QT	+++	*****	***	***	***
ptot_QT	+++	*	*****	*	*
tml_QT	----	**	***	*****	*****
tmn1_QT	---	*****	***	*****	*****
bosmedit-dist-box_QT	-	0	*	0	*
bostemp-dist-box_QT	---	0	****	**	**
bostrans-dist-box_QT	---	0	*	*	*
coltperm-dist-box_QT	+	0	***	0	0
esposizione_QT	0	0	0	0	0
macchia-dist-box_QT	++	*****	**	**	**
pascprat-dist-box_QT	+	0	*	0	**
seminativi-dist-box_QT	+++	0	0	0	**
slo_QT	+++	0	*	0	0
supartif-dist-box_QT	+	*	*	**	0
vegass-dist-box_QT	--	0	*	*	0
zoneagric-dist-box_QT	0	0	0	0	0
ifi-box_QT	--	0	0	*	0

Tabella 5.19a-Score table *Lepus corsicanus*

EGV	Fatt 1 (54%)	Fatt 2 (10%)	Fatt 3 (8%)	Fatt 4 (5%)	Fatt 5 (4%)
ai_QT	+++	**	***	***	**
ps_QT	++++	*****	****	**	*****
ptot_QT	++	**	*****	***	*
tm_QT	----	*****	*	*****	***
tmn_QT	---	****	**	*****	**
bosmedit-dist-box_QT	0	0	*	*	*
bostemp-dist-box_QT	---	*	0	*	**
bostrans-dist-box_QT	---	0	0	*	*
coltperm-dist-box_QT	+	*	0	**	0
esposizione_QT	0	0	0	0	0
macchia-dist-box_QT	+++	***	*****	****	*****
pascprat-dist-box_QT	++	**	0	**	*
seminativi-dist-box_QT	+++	0	*	0	*
slo_QT	++	0	0	0	0
supartif-dist-box_QT	+	0	*	0	**
vegass-dist-box_QT	-	0	0	0	0
zoneagric-dist-box_QT	-	0	0	*	*
ifi-box_QT	--	0	0	0	0

Tabella 5.19b-Score table *Lepus europaeus*

Nel fattore marginalità (Tab 5.19ae b) il simbolo + indica che la lepre è stata trovata in luoghi con valori superiori alla media. Il simbolo – indica il contrario. Maggiore è il numero di simboli più alta è la correlazione. 0 indica una correlazione bassa.

Nel fattore specializzazione * indica che la lepre si trova ad occupare una gamma più ristretta di valori a disposizione. Maggiore è il numero di simboli più ristretta è il range, 0 è una bassa specializzazione.

Analisi delle nicchie nello scenario A1

L'indice di ampiezza della nicchia di Hurlbert indica che la lepre italiana ha una nicchia più ampia ($B' = 0.238$) rispetto alla lepre europea ($B' = 0,186$); l'indice di sovrapposizione di Hurlbert ($L = 3.25$) spiega che le specie utilizzano ogni stato di risorsa in proporzione alla loro abbondanza e tale indice è maggiore di 1 ciò indica che entrambe le due specie usano certi stati di risorsa più intensamente di altre, e le preferenze delle due specie per le risorse tendono a coincidere.

Ampiezza di nicchia	
Specie :	Europea
- Levins' niche breadth index B' =	13,863
- Standardised Levins' niche breadth index B^{*} =	0,263
- Hurlbert's niche breadth index B' =	0,186
Specie :	Italiana
- Levins' niche breadth index B' =	14,837
- Standardised Levins' niche breadth index B^{*} =	0,282
- Hurlbert's niche breadth index B' =	0,238
Sovrapposizione di nicchia	
Europea e Italiana	
- Hurlbert's overlap index L =	3,257

- Lloyd's interspecies patchiness I=	2,586
--------------------------------------	-------

Tabella 5.20 - Risultati dell'analisi della nicchia delle Lepri

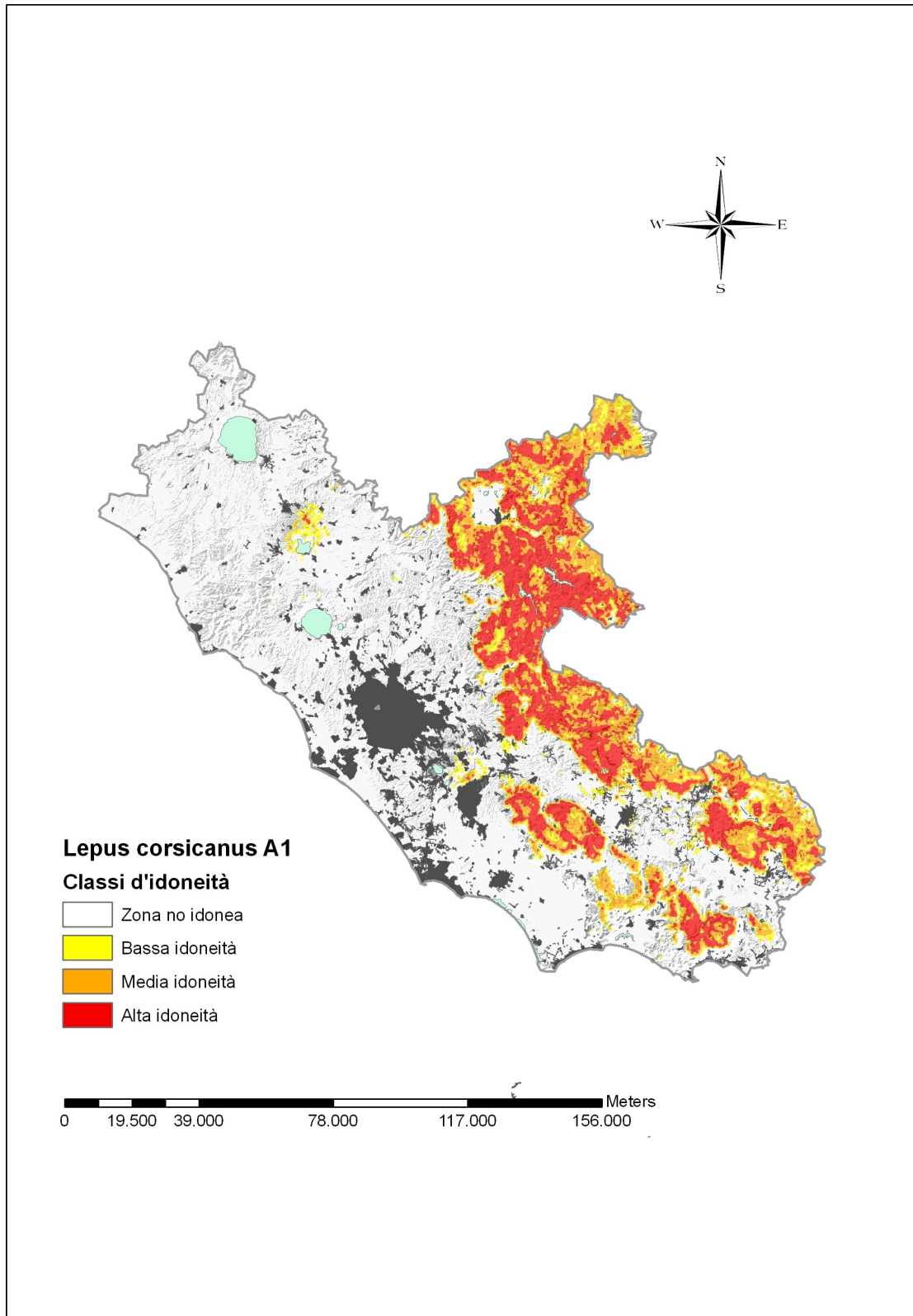


Figura 5.17 Modello ottenuto con Bimapper che evidenzia le zone potenzialmente idonee alla *Lepus corsicanus* nello scenario A1

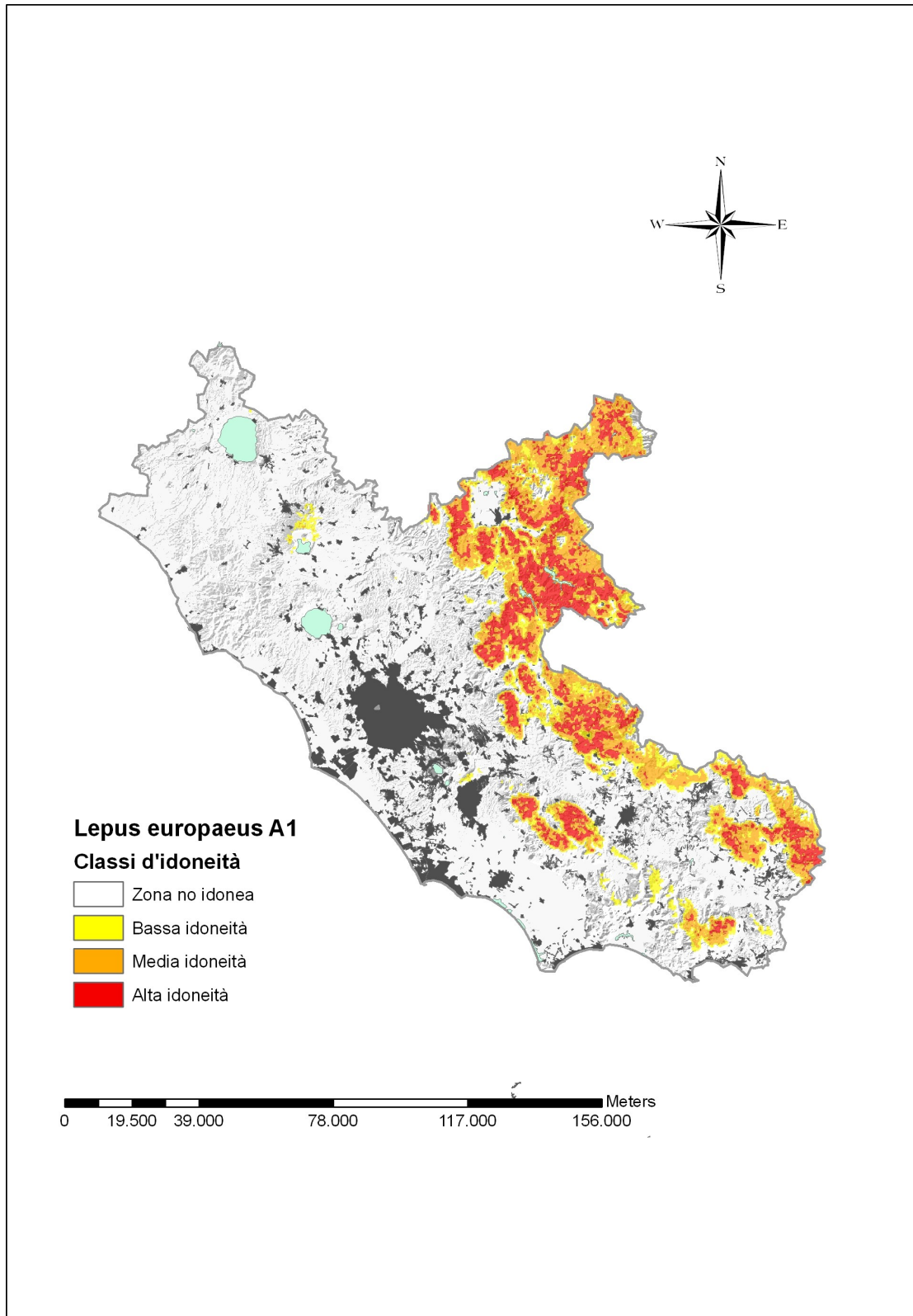


Figura 5.18 Modello ottenuto con Bimapper che evidenzia le zone potenzialmente idonee alla *Lepus europaeus* nello scenario A1

Lo **scenario B1** - Scenari della «*Sostenibilità ambientale globale*». Come in A1, picco demografico verso il 2050 e successivo declino, ma rapido cambiamento nella struttura economica, sviluppo sostenibile e transizione verso una società dei servizi e dell'informazione, livellamento delle disparità tra i continenti, rapida introduzione di tecnologie efficaci e pulite (emissioni più basse);

Per creare il modello di idoneità sono state utilizzate le stesse variabili ambientali ma proiettate nello scenario B1. (Tab 5.21.)

EGV	Codice Biomapper	EGV	Codice Biomapper
agric	1	pascprat	10
ai	2	ps	11
bosmedit	3	ptot	12
bostemp	4	semina	13
bostrans	5	slo QT	14
coltperm	6	supart	15
esposizione QT	7	tm	16
ifi	8	tmn	17
macchia	9	vegassente	18

Tabella 5.21- EGV dello scenario B1 con rispettivo codice

La riduzione delle variabili esprime complessivamente l'87% della varianza delle EGV originarie.

Il valore percentuale è distribuito fra i due fattori come esposto in figura 5.19. che indica anche la relazione esistente tra i fattori principali e le variabili originarie: il primo fattore è particolarmente influenzato per quanto riguarda la *Lepus corsicanus* dalle seguenti EGV (12-13-14-15 positivamente) e (5-18 negativamente) mentre i rimanenti costituiscono il secondo asse. Per quanto riguarda la *Lepus europaeus* le EGV correlate alla marginalità sono (2-5-10-14 positivamente) e (5-7-18 negativamente) e i rimanenti costituiscono i due assi.

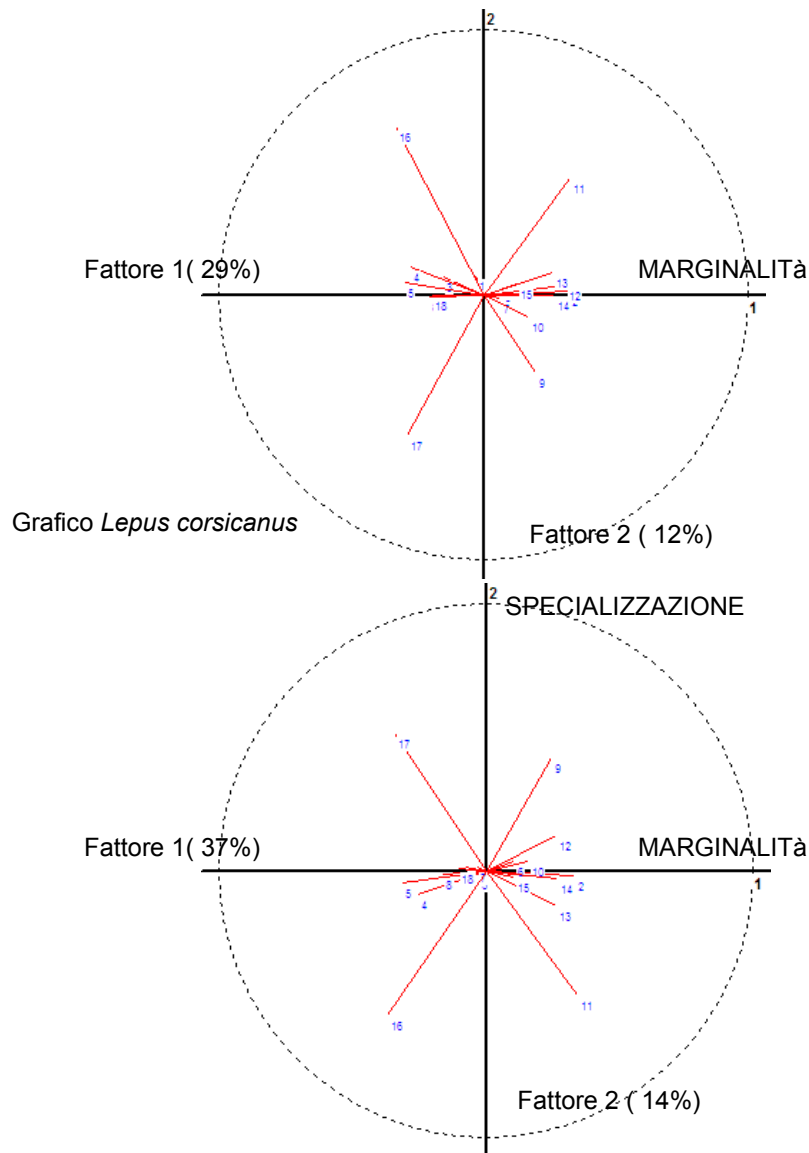


Figura 5.19.- Distribuzione EGV sui diversi fattori

Il valore di marginalità calcolato per la *Lepus corsicanus* nel paesaggio analizzato è $M= 1.63$ mentre per la *Lepus europaeus* è $M= 1.90$.

Nei casi esaminati la specializzazione di *Lepus corsicanus* nel paesaggio considerato è $S= 1.36$ mentre per la *Lepus europaeus* è $S= 1.65$.

I valori di correlazione tra ciascuna EGV e ciascuno dei fattori di specializzazione estratti, riportati nelle tabelle (5.22 e 5.23 a e b), aiutano a comprendere meglio il legame tra le variabili stesse ed i fattori.

EGV	Fatt 1 (29%)	Fatt 2 (12%)	Fatt 3 (9%)	Fatt 4 (7%)	Fatt 5 (7%)
tm QT	-0,335	0,634	-0,194	-0,068	0,545
ps QT	0,323	0,442	-0,436	-0,248	-0,314
ai QT	0,318	0,015	-0,003	-0,467	0,132
pto QT	0,307	0,039	0,474	0,524	0,276
bostrans-dist-box QT	-0,3	0,049	-0,046	0,269	0,048
tmn1 QT	-0,291	-0,525	0,378	-0,14	-0,518
bostemp-dist-box QT	-0,279	0,109	0,106	0,157	0,236
slo QT	0,264	-0,001	-0,01	0,112	-0,068
semina-dist-box QT	0,26	0,085	-0,116	0,109	0,089
ifi-box QT	-0,21	-0,008	0,017	-0,026	-0,033
vegassente-dist-box QT	-0,2	0,002	-0,046	0,113	-0,069
macchia-dist-box QT	0,194	-0,29	0,59	0,308	0,131
pascprat-dist-box QT	0,169	-0,083	-0,064	0,224	0,258
bosmedit-dist-box QT	-0,154	0,071	0,13	0,083	0,025
supart-dist-box QT	0,123	0,044	0,031	-0,038	0,099
coltperm-dist-box QT	0,064	0,008	0,007	0,203	-0,269
esposizione QT	0,061	-0,011	-0,065	0,057	-0,003
agric-dist-box QT	-0,031	0,073	-0,017	0,3	-0,007

Tabella 5.22 a - Varianza spiegata dei primi 5 fattori ecologici, e i valori dei coefficienti per le 18 variabili di *Lepus corsicanus* nello scenario B1

EGV	Fatt 1 (37%)	Fatt 2 (14%)	Fatt 3 (9%)	Fatt 4 (8%)	Fatt 5 (6%)
tm QT	-0,369	-0,537	-0,24	-0,575	-0,601
tmn1 QT	-0,346	0,518	0,62	0,241	0,523
ps QT	0,336	-0,461	-0,402	0,097	-0,129
ai QT	0,328	-0,016	0,327	0,036	0,116
bostrans-dist-box QT	-0,315	-0,043	-0,022	-0,054	-0,193
slo QT	0,261	-0,027	0,043	0,047	-0,066
semina-dist-box QT	0,26	-0,129	0,317	0,086	-0,195
bostemp-dist-box QT	-0,26	-0,086	0,015	0,078	-0,265
pto QT	0,259	0,134	-0,147	-0,617	-0,272
macchia-dist-box QT	0,244	0,426	0,35	-0,265	-0,127
ifi-box QT	-0,166	-0,013	-0,043	0,111	0,057
pascprat-dist-box QT	0,157	0,039	0,057	0,267	-0,099
vegassente-dist-box QT	-0,109	0,013	-0,045	0,009	-0,131
coltperm-dist-box QT	0,104	0,04	-0,136	0,05	-0,06
supart-dist-box QT	0,104	-0,019	0,071	-0,08	0,016
agric-dist-box QT	-0,079	0,015	-0,012	0,072	-0,247
esposizione QT	-0,039	0,015	0,055	-0,016	0,002
bosmedit-dist-box QT	-0,034	-0,011	0,092	-0,183	-0,013

Tabella 5.22 b Varianza spiegata dei primi 5 fattori ecologici, e i valori dei coefficienti per le 18 variabili di *Lepus europaeus* nello scenario B1

Per la *Lepus corsicanus*

L'indice di marginalità mostra che la specie è essenzialmente legata alla distanza dai boschi di transizione e temperati, mostrando cos' un legame con quest'ultime zone. E inoltre è legata a fattori climatici come indice di aridità e precipitazioni annue nei mesi estivi.

Per quanto riguarda il fattore specializzazione invece rimane legata ai valori di temperatura

L'elaborazione dell'enfa ha inoltre riportato un valore dell'indice di Boyce = 0,7 +- 0,24

Per la *Lepus europaeus*

L'indice di marginalità mostra che la lepre europea è essenzialmente legata alla distanza dai boschi di transizione e temperati con valori simili a quelli della lepre italiana anche per quanto riguarda il fattore specializzazione.

L'elaborazione dell'enfa ha inoltre riportato un valore dell'indice di Boyce = 0,9 +- 0,2

EGV	Fatt 1 (29%)	Fatt 2 (12%)	Fatt 3 (9%)	Fatt 4 (7%)	Fatt 5 (7%)
agric-dist-box QT	0	*	0	***	0
ai QT	+++	0	0	*****	*
bosmedit-dist-box QT	--	*	*	*	0
bostemp-dist-box QT	---	*	*	**	**
bostrans-dist-box QT	---	0	0	***	0
coltperm-dist-box QT	+	0	0	**	***
esposizione QT	+	0	*	*	0
ifi-box QT	--	0	0	0	0
macchia-dist-box QT	++	***	*****	***	*
pascprat-dist-box QT	++	*	*	**	***
ps QT	+++	****	****	**	***
pto QT	+++	0	*****	*****	***
semina-dist-box QT	+++	*	*	*	*
slo QT	+++	0	0	*	*
supart-dist-box QT	+	0	0	0	*
tm QT	---	*****	**	*	*****
tmn1 QT	---	*****	****	*	*****
vegassente-dist-box QT	--	0	0	*	*

Tabella 5.23a-Score table *Lepus corsicanus*

EGV	Fatt 1 (37%)	Fatt 2 (14%)	Fatt 3 (9%)	Fatt 4 (8%)	Fatt 5 (6%)
agric-dist-box QT	-	0	0	*	**
ai QT	+++	0	***	0	*
bosmedit-dist-box QT	0	0	*	**	0
bostemp-dist-box QT	---	*	0	*	***
bostrans-dist-box QT	---	0	0	*	**
coltperm-dist-box QT	+	0	*	0	*
esposizione QT	0	0	*	0	0
ifi-box QT	--	0	0	*	*
macchia-dist-box QT	++	****	***	***	*
pascprat-dist-box QT	++	0	*	***	*
ps QT	+++	*****	****	*	*
pto QT	+++	*	*	*****	***
semina-dist-box QT	+++	*	***	*	**
slo QT	+++	0	0	0	*
supart-dist-box QT	+	0	*	*	0
tm QT	----	*****	**	*****	*****
tmn1 QT	---	*****	*****	**	*****
vegassente-dist-box QT	-	0	0	0	*

Tabella 5.23b-Score table *Lepus europaeus*

Nel fattore marginalità (Tab 5.23 ae b) il simbolo + indica che la lepre è stata trovata in luoghi con valori superiori alla media. Il simbolo – indica il contrario. Maggiore è il numero di simboli più alta è la correlazione. 0 indica una correlazione bassa.

Nel fattore specializzazione * indica che la lepre si trova ad occupare una gamma più ristretta di valori a disposizione. Maggiore è il numero di simboli più ristretta è il range, 0 è una bassa specializzazione.

Analisi delle nicchie nello scenario B1

L'indice di ampiezza della nicchia di Hurlbert indica che la lepre italiana ha una nicchia più ampia ($B^* = 0,275$) rispetto alla lepre europea ($B^* = 0,249$); l'indice di sovrapposizione di Hulbert ($L = 2,97$) spiega che le specie utilizzano ogni stato di risorsa in proporzione alla loro abbondanza e tale indice è maggiore di 1 cioè indica che entrambe le due specie usano certi stati di risorsa più intensamente di altre, e le preferenze delle due specie per le risorse tendono a coincidere.

Ampiezza di nicchia	
Specie :	Europea
- Levins' niche breadth index B=	18,182
- Standardised Levins' niche breadth index B* =	0,351
- Hurlbert's niche breadth index B' =	0,249
Specie :	Italiana
- Levins' niche breadth index B=	20,547
- Standardised Levins' niche breadth index B* =	0,399
- Hurlbert's niche breadth index B' =	0,275
Sovrapposizione di nicchia	

Europea e Italica	
- Hurlbert's overlap index L=	2,978
- Lloyd's interspecies patchiness I=	2,02

Tabella 5.24- Risultati dell'analisi della nicchia delle Lepri

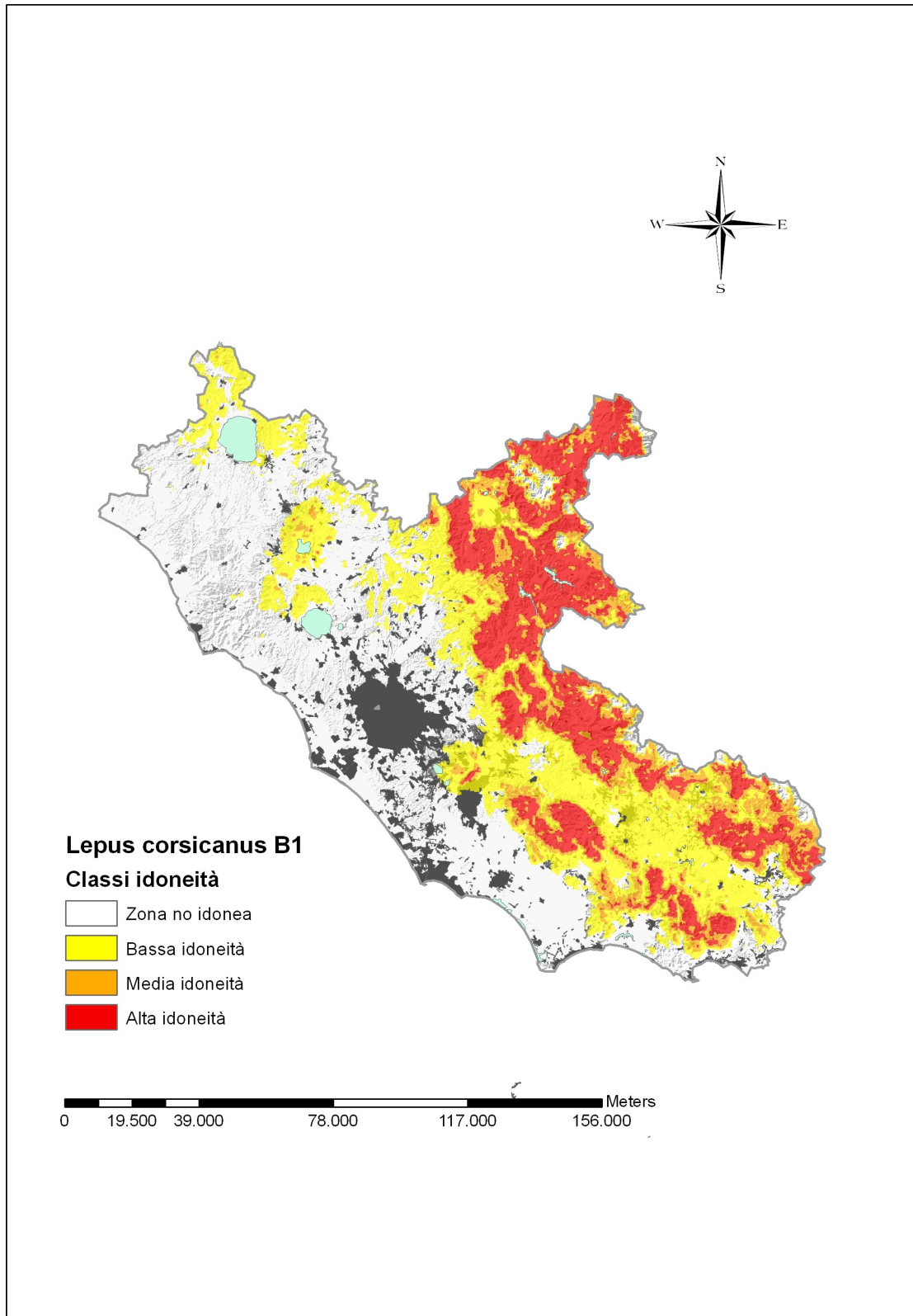


Figura 5.20 Modello ottenuto con Bimapper che evidenzia le zone potenzialmente idonee alla *Lepus corsicanus* nello scenario B1

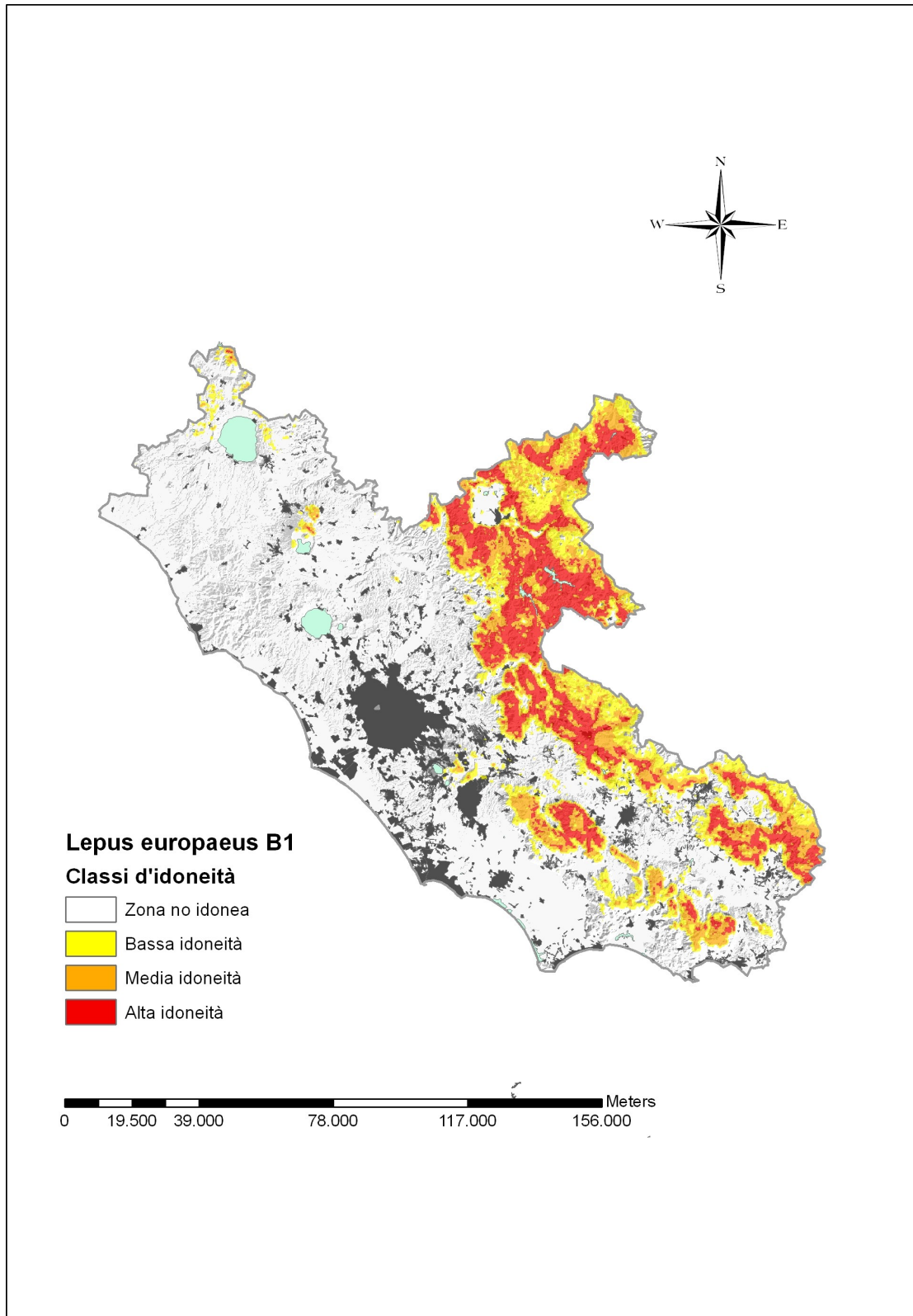


Figura 5.21 Modello ottenuto con Bimapper che evidenzia le zone potenzialmente idonee alla *Lepus europaeus* nello scenario B1

5.5. Confronto tra modello di idoneità attuale e futuro

Utilizzando la classificazione scelta, riportata di seguito:

	Zona no idonea	0 - 10
	Bassa idoneità	10 - 25
	Media idoneità	25 - 50
	Alta idoneità	50 - 100

È stato possibile con l'ausilio di Arcgis calcolare le aree dividendole per classe di idoneità, i risultati sono riportati in tab 5.25 e illustrati in figura 5.22

Idoneità	Area calcolata in ettari	
	<i>Lepus corsicanus</i>	<i>Lepus europaeus</i>
Alta id A1	24.387	13.481
Media id A1	19.456	18.637
Bassa id A1	9.029	9.130
Alta id Attuale	7.615	26.121
Media id Attuale	19.612	38.231
Bassa id Attuale	43.176	55.302
Alta id B1	30.373	18.209
Media id B1	17.568	16.409
Bassa id B1	41.164	15.982
Idoneità totale	<i>Lepus corsicanus</i>	<i>Lepus europaeus</i>
A1	52.873	41.248
Attuale	70.402	119.655
B1	89.105	50.600

Tab 5.25. – Calcolo delle aree per classi di idoneità

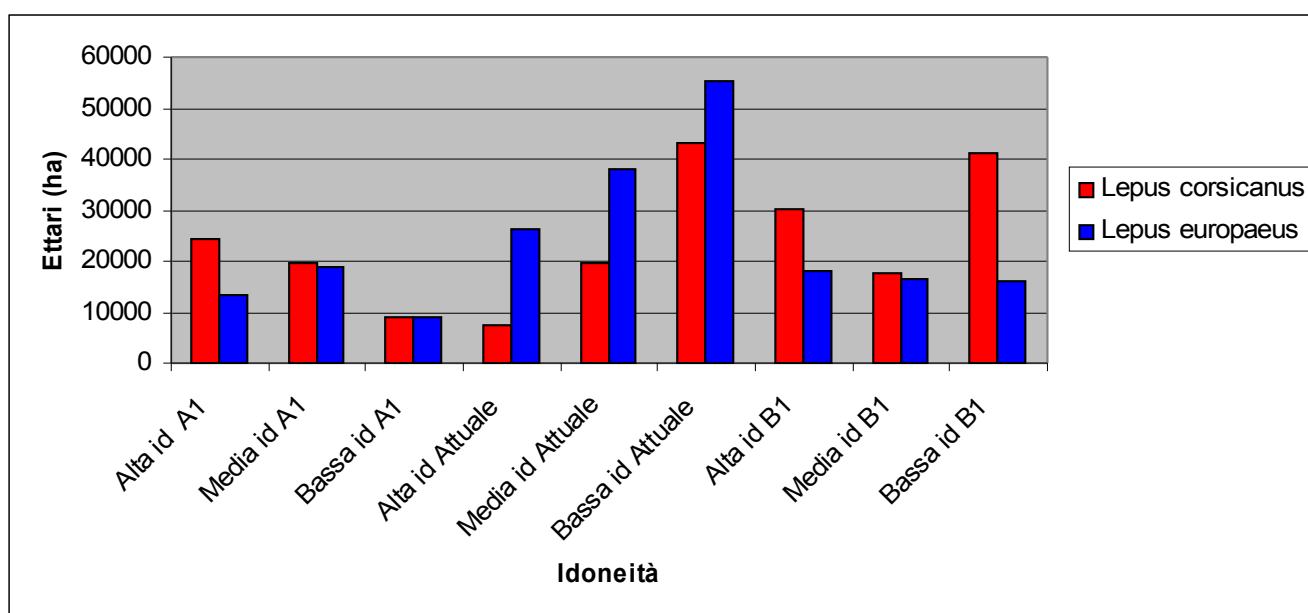


Figura 5.22a – Calcolo dell'area delle diverse aree di idoneità per le due specie di lepore

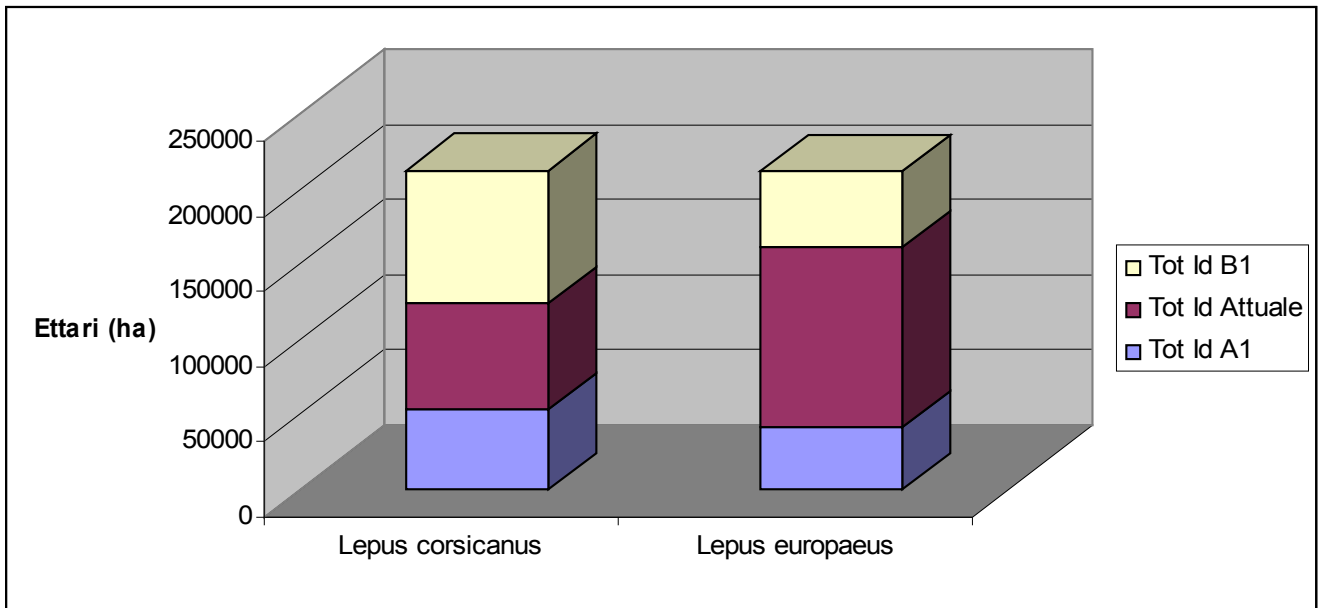


Figura 5.22b – Calcolo dell’area totale delle aree di idoneità nei diversi scenari per le due specie di lepre

Questo evidenzia come negli scenari A1 e B1 la *Lepus corsicanus* ha un’area di idoneità Medio-Alta superiore rispetto la *Lepus europaeus*, attualmente invece la situazione è nettamente inversa.

Infine tramite gli indici di nicchia, si è calcolata l’ampiezza di nicchia tramite l’indice di Hurlbert (Fig 5.23)

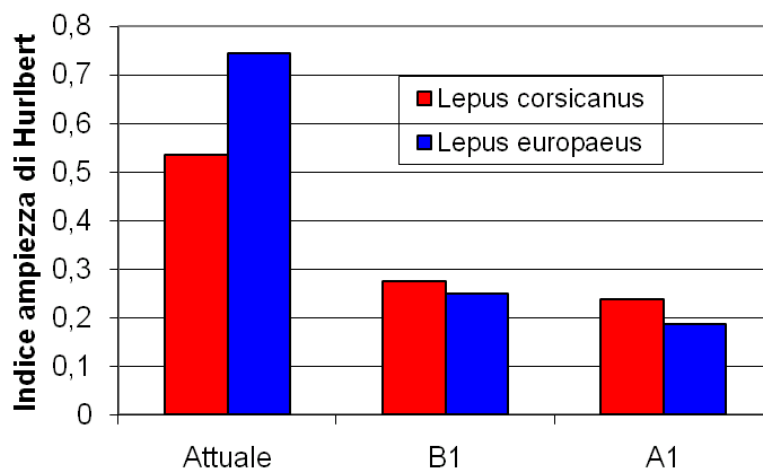


Figura5.23. – Ampiezza di nicchia nel modello attuale e nei diversi scenari per le due specie di lepri

Con l'analisi dei dati, la sovrapposizione di nicchia ha messo in evidenza (Fig 5.24.) che nella situazione attuale entrambe le specie utilizzano ogni stato di risorsa in proporzione alla propria abbondanza. Nei due scenari invece le due specie utilizzano una risorsa più intensamente di altre e le preferenze delle due specie per le risorse tendono a coincidere.

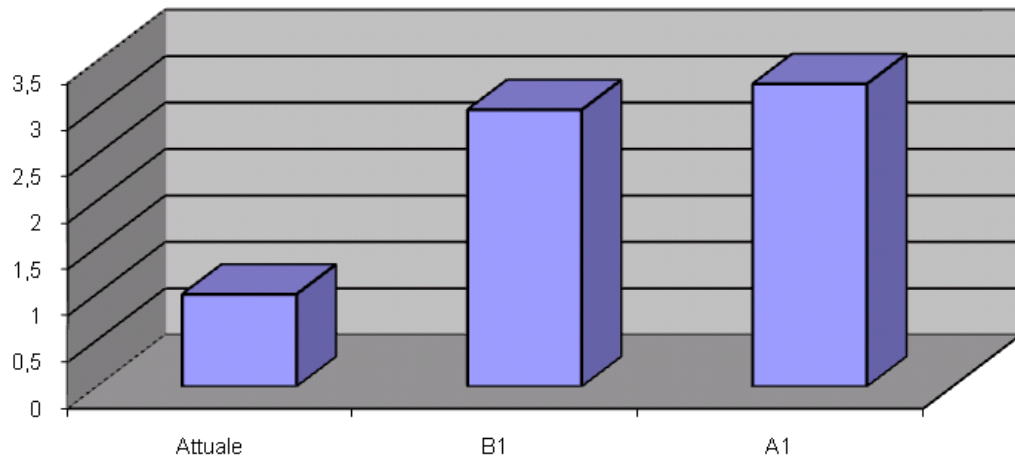


Figura 5.24. – Sovrapposizione di nicchia (indice di Hurlbert) nel modello attuale e nei diversi scenari

6. DISCUSSIONE

6.1. Presenza, distribuzione e preferenze ecologiche

Lo studio ha permesso di confermare la presenza di entrambi le specie nell'area di studio, le analisi di abbondanza condotte sui dati ricavati dai censimenti notturni, hanno messo in luce che la Lepre europea è più diffusa sul territorio regionale (se ci si basa sul numero di transetti positivi) ed in media più abbondante della Lepre italiana .

Comunque nei transetti in cui sono state rilevate entrambe le specie, gli indici di abbondanza di Lepre italiana e Lepre europea non sono risultati significativamente differenti.

La bassa densità della popolazione, la frammentazione e l'isolamento degli esemplari di Lepre italiana è stata rilevata anche in Provincia di Grosseto da Macchia et al., (2005) e sull'Appennino abruzzese da Barone et al. (2006) e concorda con il precario stato di conservazione che caratterizza la specie, soprattutto nelle aree non protette, dell'Italia continentale (cfr. Trocchi & Riga, 2005).

La forte correlazione riscontrata fra la variabilità genetica delle popolazioni e la loro distribuzione geografica (Pierpaoli et al., 1999) testimonia una storia evolutiva con presenza di antiche divisioni dell'areale e conseguenti lunghi periodi di isolamento riproduttivo. È questo un fenomeno ipotizzato di recente anche per altre specie, come le talpe europee (*Talpa* spp.), la Volpe, il Riccio e il Camoscio appenninico (Filippucci et al., 1987; Loy et al., 1993; Cantucci et al., 1998; Frati et al., 1998; Masini & Lovari, 1998).

La Lepre italiana non è ancora inserita negli strumenti giuridici di conservazione internazionali, in quanto non ancora aggiornati dopo l'attribuzione del livello specifico al taxon adottato il DPCM 7/5/2003, di concerto con i Ministeri competenti (Gazz. Uff. 3 luglio 2003, n. 152), con il quale la Lepre italiana fu inserita ("limitatamente alla popolazione di Sicilia" e per il periodo "15 ottobre - 30 novembre"), nell'elenco delle specie cacciabili di cui all'art. 18, comma 1, lettera e) della Legge 157/1992.

Di conseguenza la specie continua ad essere formalmente protetta nelle regioni peninsulari, poiché la legge 157/92, riprendendo un principio già presente nella legge 968/77, concede unicamente la facoltà di impossessarsi attraverso l'esercizio venatorio di esemplari di specie espressamente elencate all'art. 18 della medesima.

Nonostante questa situazione l'impatto venatorio nella Penisola può rappresentare un reale fattore limitante per le popolazioni di questa specie, rispetto alla Sicilia dove è l'unica presente. La coesistenza nelle stesse aree con la Lepre europea, crea infatti dei problemi di riconoscimento, anche per la mancanza di una tradizione specifica nella gestione delle lepri, che si traduce in un elevato impatto venatorio sulle residue popolazioni di Lepre italica e nell'impossibilità di applicare strategie di conservazione differenziate nella gestione delle due specie.

Inoltre, la diffusa pratica dei ripopolamenti di Lepre europea, aumenta le aspettative dei cacciatori per la sopravvalutazione della sua efficacia, mantenendo artificialmente alta la pressione venatoria sulle lepri. Poiché è stata, invece constatata la scarsa sopravvivenza degli esemplari immessi (Toso & Trocchi, 1999), si ritiene che il prelievo insista in misura proporzionalmente maggiore sulla Lepre italica mantenendone basse le densità, impedendo di fatto i processi di ricolonizzazione dei territori circostanti le aree protette ed il necessario flusso genico tra le popolazioni isolate.

L'analisi ecologica mostra come l'altitudine sia una delle variabili che maggiormente influenza la distribuzione della Lepre italica nell'area di studio, differenziandola nettamente dalla Lepre europea che invece non mostra limitazioni in questo senso; infatti la prima occupa una fascia altitudinale più bassa spingendosi al massimo fino a 1800 ms.l.m., mentre la lepre europea ha una fascia altitudinale molto ampia arrivando anche a valori di 2080 m s.l.m.

Legate all'altitudine sono altrettanto significative le variabili climatiche esse influenzano la distribuzione delle due lepri. L'analisi ha riportato la Lepre italiana in ambienti temperati-umidi con temperature medie annue che oscillano su valori medi di 13° C, la temperatura media non scende mai sotto i 4,68°C mentre la Lepre europea è legata ad ambienti umidi con valori medi di temperature medie annue di 10°C. La preferenza per quote relativamente basse per la Lepre italiana, concorda con l'ipotesi di una specie adattata a climi prevalentemente mediterranei (Riga et al., 1999) nonostante essa sia presente dal livello del mare fino a 2.000 m s.l.m., in Appennino (Angelici & Luiselli, 2001), e fino a 2.400 m. s.l.m. sull'Etna. Questo adattamento è stato ipotizzato sulla base di studi preliminari sulla morfologia della specie (Riga e Trocchi, 2001) che hanno mostrato come la Lepre italiana sia simile nell'aspetto generale alla Lepre europea, ma abbia forme relativamente più slanciate, oltre ad una maggiore lunghezza della testa e del corpo, della coda, del piede posteriore e, soprattutto, delle orecchie, mentre il peso medio degli adulti sia di circa 800 gr. inferiore. Questi caratteri probabilmente costituiscono un adattamento della Lepre italiana al clima caldo degli ambienti mediterranei, a differenza della Lepre europea, che è meglio adattata agli ambienti con clima continentale.

Un'ulteriore conferma in questo senso si è avuta da uno studio condotto sulle caratteristiche ecologiche e climatiche delle aree di presenza certa della specie (Riga et al., 2003), che ha evidenziato come il principale fattore limitante la sua distribuzione sia la temperatura minima media mensile (mai inferiori ai 4,99°C); questo spiega perché la Lepre italiana non è presente nelle regioni dell'Italia settentrionale al contrario della Lepre europea.

La presenza della Lepre italiana risulta significativamente e positivamente correlata alla vicinanza dei boschi, da cui è stata rilevata a 150 m di distanza come valore medio, arrivando al massimo a 1 km; al contrario la Lepre europea si presenta a distanze che risultano il doppio rispetto all'italica, arrivando a circa 8 km di distanza. Anche questo risultato concorda con quanto rilevato da Macchia et al. (2005) che evidenziano come la Lepre italiana sia stata sempre osservata su aree marginali o intercalari ai boschi di latifoglie.

Nell'analisi dei parametri significativi nella distribuzione della specie rispetto alla disponibilità totale dell'habitat, possiamo notare che la Lepre italiana frequenta zone a vegetazione di praterie e brughiere e boschi di transizione rispetto alla Lepre europea. Queste osservazioni convergono con l'ipotesi di una specie meglio adattata ad ambienti con caratteristiche mediterranee, come rilevato anche da Riga & Trocchi (2003) che evidenziano un'influenza positiva dei cespuglieti nella distribuzione della Lepre italiana.

Rispetto alla disponibilità dell'*habitat* nell'area di studio, la presenza della Lepre europea, oltre ad essere negativamente correlata alla presenza di boschi di transizione, lo è positivamente alle zone agricole eterogenee. Questo concorda con le conoscenze circa la sua ecologia; infatti, questa specie, originaria degli ambienti aperti delle steppe euroasiatiche, si è ben adattata agli ambienti agricoli europei (Meriggi & Altieri, 1989; Harris *et al.*, 1995; Marbountin & Aebischer, 1996) in particolare a quelli tradizionali con appezzamenti di modeste dimensioni e coltivazioni miste in rotazione (Tapper & Parson 1984; Hutchings & Harris 1996; Vaughan *et al.*, 2003); questo tipo di ambiente diversificato offre siti di alimentazione e di rifugio contro i predatori, le avverse condizioni climatiche e per la riproduzione (Frylestam 1980; Tapper & Barnes 1986; Lewandowski & Nowakoski 1993, Smith *et al.*, 2005).

6.2. Confronto tra i modelli attuali

La realizzazione del modello potenziale delle due specie di lepre ha messo ancora di più in evidenza la frammentazione dell'habitat della Lepre italiana e della presenza di zone idonee isolate e difficilmente a contatto tra loro. Al contrario, la situazione attuale della Lepre europea risulta più uniforme nel Lazio questo è dovuto specialmente ai rilasci a fini venatori che avvengono su tutto il territorio.

Dall'analisi della nicchia ecologica, per la Lepre italiana le variabili che influenzano di più la nicchia e quindi la disposizione sul territorio sono la temperatura e le precipitazioni annue nel mese di giugno. Raramente questa lepre si allontana da queste condizioni climatiche così da ritornare a confermare questo suo legame a zone temperate.

Oltre ai valori di specializzazione, dall'analisi la lepre italiana preferisce zone di prateria e brughiere e i boschi di transizione. Questa ultima informazione lega la specie ad ambienti di bosco, nel caso specifico i boschi di transizione sono formati da boschi di cerro e/o roverella e farnetto.; questo è in linea con quanto si è analizzato nella provincia di Grosseto (Macchia et.al 2005).

Per quanto riguarda la Lepre europea essa è legata principalmente alla temperatura e all'indice di aridità, ma le conferisce un'ampiezza di nicchia più grande rispetto alla Lepre italiana; inoltre dall'analisi dei fattori di marginalità la Lepre europea è legata a praterie e brughiere ma a boschi della fascia temperata, specialmente con punti ritrovati in faggeta.

Questo legame forte alle variabili climatiche e quindi all'uso del suolo specifico di queste zone ha stimolato un ulteriore approfondimento di come il cambiamento climatico andrà a influire la distribuzione potenziale di questa specie nel Lazio.

Dal modello si può vedere inoltre che il comprensorio dei Monti della Tolfa, sia nella parte viterbese che in quella romana, risulta un'area ad media-alta idoneità per la Lepre italiana, infatti ospita un'importante popolazione di Lepre italiana, nonostante gran parte del territorio sia zona di caccia ed oggetto di numerose operazioni di ripopolamento con la Lepre europea. Importante e significativo è il fatto che in tutte le Aree protette in questa zona (Monterano, Marturanum e Lago di Bracciano) e nelle aree a divieto di caccia (ZRC di Tolfa e Allumiere) vivano popolazioni di Lepre italiana che potrebbero costituire un serbatoio di individui anche per il resto del territorio.

La presenza nella riserva di Monterano di *Lepus corsicanus* è stata rilevata nel 1999, prima tramite analisi di un esemplare abbattuto in una zona limitrofa l'area protetta successivamente per mezzo di censimenti notturni. E' rilevante notare che all'interno dell'area protetta l'ultimo avvistamento di *Lepus europaeus* risale al 1998; questo è un dato importante considerando che tra i maggiori fattori di rischio evidenziati finora per la lepre italiana e limitanti la sua espansione risulta essere proprio la presenza di Lepre europea nel suo areale, infatti tra le due specie possono intercorrere fenomeni di competizione interspecifica.

Tale competizione può limitare l'espansione delle popolazioni residue di Lepre italiana, sia in modo diretto, attraverso lo sfruttamento degli stessi siti di alimentazione e di rifugio (Trocchi & Riga, 2001), sia in modo indiretto attraverso la diffusione di patologie comuni, come l'*European Brown Hare Syndrome* (E.B.H.S. o Epatite virale della lepre), a cui la Lepre italiana risulta pienamente ricettiva e di cui la Lepre europea appare come il serbatoio naturale (Guberti *et al.*, 2000).

L'eccessiva espansione della Lepre europea è dovuta ad una scorretta gestione venatoria, basata sulla pratica dei ripopolamenti di Lepre europea, effettuati rilasciando migliaia di individui l'anno, spesso appartenenti a sottospecie alloctone provenienti dall'estero, che ha portato l'incremento della presenza di questa specie sul territorio e l'ampiamiento del suo areale di distribuzione originario, a spese di quello delle Lepre italiane.

Le aree di idoneità di *L. corsicanus* nel Lazio denotano una frammentazione dell'areale, con popolazioni assai ridotte e di fatto isolate tra loro, all'interno di una matrice ambientale divenuta progressivamente più sfavorevole (Trocchi & Riga, 2001). Questa situazione deve essere necessariamente ricondotta anche a cause artificiali relativamente recenti. Nello specifico l'erosione e la frammentazione dell'habitat sono, tra i maggiori fattori di rischio per questa e molte altre specie, poiché limitano l'espansione e l'interscambio tra le popolazioni, isolandole e rendendole più vulnerabili ai fenomeni di estinzione locale. In Italia a partire dagli anni Cinquanta sono aumentati questi fattori ciò è dovuto principalmente allo sviluppo dell'agricoltura intensiva che ha portato all'aumento delle dimensioni degli appezzamenti, la riduzione dei bordi a vegetazione spontanea, delle siepi e dei filari, la riduzione in generale della copertura vegetale permanente e l'aumento delle dimensioni dei blocchi monocolturali

McLaren *et al.* (1997) hanno osservato che la frammentazione degli agroecosistemi pastorali (in Gran Bretagna) sembra essere il principale fattore limitante per le popolazioni di Lepre europea. In particolare questi autori hanno calcolato che nelle popolazioni isolate, la densità di 3 lepri/100 ettari rappresenta una soglia critica, al di sotto della quale il rischio di estinzione cresce rapidamente. È infatti dimostrato che i Lagomorfi sono particolarmente sensibili ai fenomeni di estinzione locale anche nell'ambito di popolazioni di grandi dimensioni

6.3. Confronto tra modello attuale e il modello futuro

Le condizioni climatiche determinano le specie vegetali e animali che possono vivere, crescere e riprodursi in una determinata regione geografica. Alcune specie sono talmente legate alle condizioni climatiche a cui si sono adattate che un leggero aumento della temperatura o una piccola riduzione delle piogge possono aumentare la loro vulnerabilità. A causa dei cambiamenti climatici globali, ci dobbiamo quindi aspettare delle conseguenze sugli ecosistemi, le specie vegetali si sposteranno dalle loro abituali zone climatiche e questi cambiamenti rifletteranno sulla distribuzione della fauna.

Il rapido aumento delle concentrazioni atmosferiche di gas a effetto serra potrebbe provocare un cambiamento significativo nei modelli climatici. Come è successo in passato, tali cambiamenti possono influenzare fortemente la diversità e la distribuzione delle specie e sugli ecosistemi e la biodiversità.

Grazie alla collaborazione del dipartimento di biologia vegetale dell'università la Sapienza di Roma, che si occupa nel progetto Biorefugia, degli effetti del cambiamento climatico negli ecosistemi, abbiamo ottenuto delle potenziali carte tematiche dell'uso del suolo nei diversi scenari, proiettando la carta dell'uso del suolo nel 2050.

Il risultato ottenuto concorda con le aspettative sopra citate. I cambiamenti climatici spingeranno la vegetazione arborea a quote più elevate, distribuendosi sulla fascia appenninica.

Tenendo conto che questa parte del mio lavoro è del tutto in via di sviluppo, tuttavia i risultati ottenuti stimolano ulteriori studi su come il clima andrà a modificare le popolazioni animali nella regione.

In risposta a un aumento della temperatura su scala regionale si potrebbero creare le condizioni favorevoli per una significativa espansione dell'areale di distribuzione delle specie mediterranee, per un processo di progressiva “mediterraneizzazione” delle zone interne della penisola.

Avremo così una distribuzione del genere *Lepus* spostata verso il centro del Lazio, infatti facendo un'analisi sugli intervalli dei valori climatici attuali, nei diversi scenari questi intervalli si ritrovano spostati nella parte Appenninica della regione.

Anche per i due scenari sono stati realizzati i modelli di idoneità per entrambe le specie.

L'analisi dei risultati dei modelli degli scenari evidenziano che l'areale delle due specie è spinto nella parte centrale del Lazio, proprio quella zona che si prevede nel 2050 essere più mediterranea. La Lepre italiana risulta una specie che seleziona i boschi di transizione e temperati ed è strettamente legata a variabili climatiche come l'indice di aridità e precipitazioni, ed evita le zone caratterizzate da seminativi.

Per la Lepre europea la situazione cambia rispetto all'attuale, la sua alta idoneità si va perdendo, trova aree sempre meno idonee e rispetto alla Lepre italiana subisce una diminuzione della sua nicchia ecologica. Anche essa è strettamente legata a fattori climatici come l'indice di aridità ed ad ambienti di bosco a fascia temperata ed ambienti di macchia

7. CONCLUSIONI

La presente ricerca ha permesso di confermare la presenza di *Lepus corsicanus* nell'area di studio e di quali potrebbero essere gli effetti dei cambiamenti climatici sul genere *Lepus* nel Lazio.

Per rilevare e discriminare le specie oltre alla tecnica dei censimenti notturni è stato impiegato un campionamento genetico effettuato su materiale biologico raccolto con metodi indiretti e non invasivi.

Questa seconda metodologia, implementata recentemente, risulta molto funzionale nel caso di specie particolarmente elusive o la cui densità di popolazione è particolarmente bassa come per la Lepre italiana.

Una volta accertata la presenza in simpatria della Lepre italiana e della Lepre europea nell'area di studio è stato possibile, tramite l'impiego del Sistema Informativo Geografico *ArcGis 9.2*, procedere all'estrapolazione di una serie di variabili ambientali per confrontare la distribuzione ecologica delle due specie e valutare quali tra queste variabili la influenzano maggiormente.

Inoltre è stata fatta un'analisi della nicchia ecologica utilizzando il software *Biomapper 4* per creare un potenziale modello di idoneità ambientale sia attuale sia degli scenari futuri (A1 e B1 nel 2050).

Dall'analisi delle caratteristiche ambientali emerge che le due specie hanno delle preferenze ecologiche differenti che ne influenzano la distribuzione. La Lepre europea occupa un *range* altitudinale piuttosto ampio, raggiungendo anche quote elevate, frequenta maggiormente ambienti di prateria e brughiere, seminativi ed colture intensive; la Lepre italiana, invece mostra delle caratteristiche più spiccatamente mediterranee prediligendo quote più basse ed ambienti più chiusi, legati alla presenza di boschi di transizione, caratterizzati dalla presenza di cerro e/o roverella, farnetto e vegetazione arbustiva.

Gli indici di abbondanza relativa, insieme alla distribuzione frammentaria ed isolata degli individui di Lepre italiana nell'area di studio, indicano una situazione di conservazione precaria della specie, imputabile principalmente a fenomeni di competizione interspecifica, diretta ed indiretta, che si stabiliscono con *L. europaeus* nelle aree di simpatria e che limitano l'espansione delle popolazioni di *L. corsicanus*. Questa situazione è dovuta ad una scorretta gestione venatoria, basata sulla pratica dei ripopolamenti di Lepre europea, che ha portato all'incremento della presenza di questa specie sul territorio e all'ampliamento del suo areale di distribuzione originario, a spese di quello della Lepre italiana.

I dati acquisiti nel presente studio, incrementando le conoscenze sulla distribuzione e le preferenze ecologiche delle due specie in condizione di simpatria, e possono contribuire alla pianificazione di misure dirette per la loro gestione finalizzate alla conservazione e all'incremento delle popolazioni di *Lepus corsicanus*.

Appare evidente la necessità di proseguire il costante monitoraggio della Lepre italiana (così come della Lepre europea) per incrementare le conoscenze circa lo *status*.

Tali monitoraggi andrebbero condotti incentivando l'uso di tecniche di campionamento indirette, come l'analisi degli escrementi, che facilitano il rilevamento di questa specie caratterizzata da una bassa densità e legata ad ambienti boschivi che ne ostacolano ancora di più il rilevamento diretto.

Inoltre se si escludono gli studi relativi alla tassonomia, la specie è ancora assai poco conosciuta, risulta quindi urgente realizzare ricerche di base, non solo nell'area di studio, ma in tutta la penisola incentrati sui seguenti aspetti:

- ecologia, indagando il ruolo della specie negli ecosistemi legati agli ambienti di tipo mediterraneo e cercando di ottenere informazioni sulla demografia delle popolazioni;
- comportamento spaziale e preferenze ambientali, prevedendo la cattura ed il marcaggio con radiocollari di un numero consistente di individui;
- aspetti sanitari per determinare l'impatto esercitato dalle patologie sulla sopravvivenza e la conservazione delle popolazioni;
- ruolo della predazione e della competizione interspecifica

Per la conservazione e l'incremento delle piccole popolazioni di Lepre italiana occorre pianificare una rete coordinata di aree di tutela; tali aree dovrebbero in primo luogo essere valutate idonee, sia per l'accertata presenza della specie, sia per le caratteristiche ambientali e connesse tra loro tramite appositi corridoi faunistici, progettati tenendo conto delle conoscenze acquisite circa le preferenze ambientali della specie in questione.

Lo scopo principale della rete ecologica consiste nel ridurre i fattori di rischio tipici delle popolazioni isolate e di piccole dimensioni favorendo l'interscambio tra esse e l'ampliamento dell'areale della specie.

Tutte le aree che costituiranno la rete ecologica dovranno essere individuate tra gli istituti di tutela quali i Parchi nazionali, le Riserve naturali e le Aree protette regionali (istituite ai sensi della legge 349/91), le Oasi di protezione e le Zone di ripopolamento e cattura (di cui alla legge 157/92).

L'aspetto della tutela è di fondamentale importanza dato che ci troviamo di fronte a piccole popolazioni isolate tra loro e per questo soggette a fenomeni di contrazione ed estinzione locale.

Gli individui rilevati al di fuori dei confini delle aree protette, dove non vi sono norme di tutela per la specie, sono esposti alla pressione venatoria che come sottolineato rappresenta uno dei maggiori fattori di rischio per la sua sopravvivenza.

Il rischio più grande rimane comunque la scorretta gestione venatoria tradizionalmente adottata per la Lepre comune in Italia e nell'attiguo Ambito Territoriale di Caccia (basata principalmente sui ripopolamenti). Tale attività risulta un importante fattore limitante non solo a causa della difficoltà di discriminazione durante l'azione di caccia, tra la Lepre italiana (non cacciabile) e la Lepre comune (cacciabile), che rende di fatto, molto più difficile applicare strategie differenziate di conservazione per la specie endemica minacciata, ma soprattutto perché l'immissione di contingenti di Lepre comune nei territori di presenza delle popolazioni di Lepre italiana può oggettivamente costituire un importante di rischio per i fenomeni di competizione diretta e per l'accertata diffusione di gravi patologie comuni (come ad esempio l'E.B.H.S.).

Si ritiene dunque prioritario pervenire a strategie di gestione venatoria innovative (gestione sostenibile) e condivise con gli Organi responsabili dei locali Ambiti Territoriali di Caccia, l'Amministrazione Provinciale e le Associazioni venatorie. Le linee d'intervento dovrebbero essere, altresì, finalizzate ad un incremento degli interventi di miglioramento ambientale (orientati per la Lepre italiana) e ad una progressiva riduzione dei ripopolamenti con la Lepre comune soprattutto nelle zone ritenute vitali per la sopravvivenza della Lepre italiana.

Tra le varie tecniche di miglioramento ambientale che possono affiancare le azioni di conservazione e recupero della Lepre italiana le principali sono:

mantenimento delle aree aperte, delle radure, degli ex-coltivi presenti in zone in cui prevale il bosco;

mantenimento delle colture foraggere esistenti e riconversione delle colture intensive in colture foraggere o in sistemi agricoli basati sulla rotazione foraggere/cereali autunno-vernini;

gestione del bosco (creazione di radure, differenziazione dei tagli, ecc.);

conservazione delle siepi e dei boschetti (elementi fissi del paesaggio);

prevenzione degli incendi, divieto di bruciatura delle stoppie e dei residui di coltivazione;

gestione ambientale o faunistica dei terreni in *set-aside*;

esclusione dei rimboschimenti con specie alloctone;

mantenimento e divieto di danneggiamento degli ecotoni forestali.

Gli interventi di reintroduzione della Lepre italica in aree idonee potrebbero facilitare la colonizzazione di nuove aree e più in generale un miglioramento dello stato di conservazione della specie, a condizione che siano basati su accurate analisi di fattibilità e che vengano impiegati individui fondatori idonei.

In tale prospettiva, le aree faunistiche (territori recintati) possono svolgere un ruolo importante in quanto consentono sia di acquisire nuove conoscenze sulla biologia ed il comportamento della specie, sia di produrre individui da usare successivamente per gli interventi di reintroduzione.

Va tuttavia ricordato che ad oggi la Lepre italica non è mai stata allevata con successo, nonostante siano stati compiuti (e siano tuttora in atto) alcuni tentativi con risultati modesti. Inoltre anche i tentativi di cattura degli esemplari (effettuati con la tecnica delle battute) porta spesso a risultati piuttosto scarsi se non nulli, a causa soprattutto della bassa densità della specie, fattore particolarmente rilevante in aree come quella indagata nel presente studio.

Le esistenti convenzioni internazionali come la Convenzione per la Diversità Biologica (CBD), le direttive europee “Habitat” (92/431 CEE) e “Uccelli” (79/409/CEE) e la strategia EU per la biodiversità, forniscono una buona base per la conservazione delle specie animali e vegetali anche in presenza dei cambiamenti climatici. Proteggere le aree naturali residue e assicurarsi che la gestione dei paesaggi intorno ad esse sia compatibile con la conservazione delle specie e degli habitat restano due capisaldi per il futuro della biodiversità.

Ma il veloce surriscaldamento del pianeta impone di agire in modo innovativo. Anche le strategie di conservazione devono adattarsi ai cambiamenti climatici.

Da un lato è necessario aumentare, (ad esempio tramite le aree protette), la resilienza dell’ambiente naturale, ossia la sua capacità di resistere ai cambiamenti climatici attraverso una serie di misure di conservazione attiva. Nel contempo bisogna continuare a combattere con decisione i tradizionali impatti non-climatici come la perdita dell’habitat, l’inquinamento e la persecuzione diretta delle specie animali da parte dell’uomo.

A livello della singola area protetta è possibile “guadagnare tempo” mantenendo idonee condizioni ambientali per la sopravvivenza delle specie minacciate a breve termine. Occorre però comprendere come varierà la futura distribuzione delle specie, ampliando uno studio attento sui modelli di idoneità ambientale per poi sviluppare quelle azioni di gestione ambientale che possano facilitare la transizione modificando, ad esempio, i regimi di gestione dei pascoli, pianificando la futura disponibilità d’acqua e mitigando gli impatti degli eventi meteorologici.

D’altro canto, è necessario “assecondare” i cambiamenti climatici, facilitando la capacità di dispersione e di ricolonizzazione delle popolazioni animali e vegetali.

Occorre quindi costituire vere e proprie reti di aree a gestione controllata connesse tra di loro tramite elementi naturali e paesaggi gestiti in modo sostenibile, ben consapevoli del fatto che solo popolazioni in salute saranno in grado di reagire ai cambiamenti e trovare una loro nuova collocazione spaziale.

Rete Natura 2000 e le aree protette nazionali e regionali esistenti costituiscono la spina dorsale di questa rete ecologica, per il funzionamento della quale occorre un’ampia partnership: le istituzioni, i pianificatori, i privati (inclusi gli agricoltori, i proprietari terrieri) e le associazioni di categoria.

Negli ultimi decenni, le tradizionali minacce alla biodiversità quali la perdita, la frammentazione degli habitat e la loro degradazione hanno continuato ad intensificarsi.

Oggi i cambiamenti climatici si vanno ad aggiungere a questi fenomeni, spesso agendo in combinazione ed essi e a volte amplificandone l’effetto. Risolvere le problematiche di origine

non climatica rimane di importanza cruciale per mantenere popolazioni animali e vegetali in buono stato di conservazione, quindi in grado di adattarsi ai cambiamenti climatici.

Le azioni di conservazione attualmente sviluppate sono quindi vitali per consentire l’adattamento ai cambiamenti climatici.

Sappiamo quali sono le specie animali e vegetali a maggiore rischio e siamo in grado di definire le azioni necessarie per fermare il loro declino.

Anche gli obiettivi sino ad oggi definiti per la conservazione della biodiversità rimangono validi, pure in considerazione dei probabili impatti dei cambiamenti climatici sulla futura distribuzione delle singole specie.

Ma le misure finalizzate a proteggere le popolazioni esistenti devono essere rafforzate, poiché solo le popolazioni in buono stato di conservazione saranno in grado di adattarsi ai nuovi scenari.

Le azioni per restaurare o creare nuove popolazioni devono focalizzarsi in modo prioritario sulle aree di sovrapposizione tra gli spazi climatici (aree idonee a una determinata specie) esistenti e gli spazi climatici previsti dai modelli per il futuro.

Dove non esiste sovrapposizione dovrebbero essere create aree di connessione tra gli spazi climatici attuali e quelli previsti dai modelli.

È infine fondamentale salvaguardare ad ogni costo le aree più ampie e più integre di habitat tuttora esistenti.

La composizione specifica della maggior parte degli habitat è destinata a mutare. Dovremo quindi mettere a punto idonee misure per migliorare la qualità ambientale che tengano conto delle rapide dinamiche in atto a causa dei cambiamenti climatici.

Monitorare i cambiamenti, cercare di comprenderne le implicazioni ecologiche e adattare gli obiettivi di conservazione per continuare a conservare e restaurare la diversità biologica del nostro pianeta è la sfida dei prossimi decenni.

8.APPENDICE

Protocollo per la raccolta feci di Lepre nel territorio della Regione Lazio

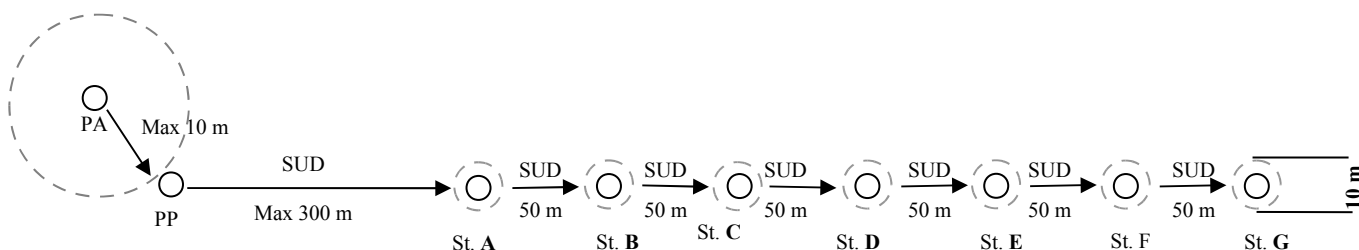
Per la raccolta delle feci sono stati individuati i punti da cui parte il transetto e che vengono indicati nello shapefile allegato. Le coordinate vanno caricate mediante cavetto o manualmente sul GPS in modo da poter raggiungere i punti con la massima precisione possibile, mediante l'apposita funzione del GPS (funzione GOTO nei Garmin). L'approssimazione massima consentita nel raggiungere il punto assegnato (PA) è di 10 m; solo in casi estremi (p. es. presenza di un dirupo) si può accettare un'approssimazione di 50 m al massimo.

Raggiunto il punto di partenza (PP) si segna il primo waypoint; da qui si prende la direzione SUD e si inizia a camminare cercando le feci entro una distanza massima di 300 m in linea d'aria dal punto indicato (fare riferimento sempre alla funzione GOTO del GPS). Per verificare progressivamente la direzione perseguita, va impostato il GPS con la funzione NORTH UP piuttosto che TRACK UP (nel caso in cui si usa la bussola del GPS ricordarsi di calibrarla per ogni uscita in campo). In caso di impossibilità a proseguire verso SUD, ci si dirige nelle altre direzioni, rispettando l'ordine prescritto: EST, OVEST e in ultima analisi NORD. Va inoltre impostata sul GPS la funzione che registra la traccia percorsa (funzione LOG nei Garmin).

Il **transetto** comincia solo nel momento in cui vengono ritrovati i primi escrementi freschi di lepre. Per ciascun transetto vanno raccolti gli escrementi in 7 stazioni al massimo, secondo il seguente protocollo: Stazione A, primo punto possibilmente corrispondente o quanto più vicino possibile al punto di partenza (PP), entro massimo 300 m da esso; stazioni B, C, D e progressivamente fino a G, a 50 metri l'una dall'altra. Gli escrementi vanno raccolti in un'area di 10 m di diametro attorno al punto. Qualora non si ritrovino escrementi freschi in una o più stazioni si procede avanti, rispettando sempre la distanza di 50 metri tra due stazioni. Tra una stazione e la successiva vanno comunque raccolti tutti gli escrementi freschi ritrovati.

La lunghezza massima totale del transetto è di 600 m (300 m di ricerca iniziale + 300 m di transetto): se entro tale percorso non sono stati trovati escrementi freschi, il transetto è nullo e si passa al successivo transetto assegnato.

Si raccolgono solo gli escrementi freschi: il grado di umidità associato alla presenza di uno strato gelatinoso sulla superficie che conferisce un carattere lucido al pellet, è indice di sicura freschezza del campione.



Per ciascuna **stazione**:

- si prende il punto con il GPS;
- si conta il numero totale di escrementi presenti;
- qualora sia possibile si raccolgono 2 pellet tanto vicini da poter supporre che appartengano allo stesso individuo (il secondo rappresenta la replica);
- si compila la scheda allegata;
- si sigla ciascuna provetta riempita (massima accortezza: operazione fondamentale nel campionamento genetico) mediante l'uso di un pennarello a vernice non indelebile (perché solubile in etanolo) o meglio di una matita su un'etichetta. La sigla da riportare è un **codice** da noi attribuito, composto come di seguito riportato e già indicato nella scheda:

1. le lettere della SIGLA corrispondente dell'AAPP;
2. il numero del TRANSETTO che si sta percorrendo che corrisponde al numero del punto assegnato (PA);
3. la lettera corrispondente alla STAZIONE di raccolta (A, B, C, D etc.);
4. il numero del pellet raccolto: 1 se è la prima raccolta, 2 se è la replica.

Per es. sulla provetta del secondo campione raccolto in un AP con un codice ZX, al transetto numero 25, alla seconda stazione del transetto sarà segnato ZX25B2.

Quindi ciascuna AP è contrassegnata da un codice univoco, ciascun transetto è numerato mediante un identificativo univoco. In definitiva ciascun campione ha già un codice assegnato che va copiato progressivamente dalla scheda sulla provetta.

Per la raccolta delle feci in punti intermedi fra stazioni differenti:

- va preso il punto con il GPS;
- va siglata la provetta con il numero del waypoint, il numero del GPS, la data e la sigla assegnata alla area protetta;
- va segnato sulla scheda, al di fuori della tabella prestampata.

Per la **raccolta** bisogna avere delle accortezze:

gli escrementi non vanno raccolti con le mani, ma con guanti monouso o con strumenti che aiutino a porli nella provetta (stuzzicadenti monouso o pinzette); si possono anche raccogliere con il tappo della provetta, facendoli prima rotolare nel tappo senza toccarli;

per ogni campione (ad eccezione delle repliche) va usato un guanto o uno strumento differente per evitare le contaminazioni (nel caso si usino pinzette si possono anche di volta in volta sterilizzare con alcool etilico e fuoco di accendino);
ciascun escremento va posto in una provetta diversa, anche se si tratta delle repliche.

I **campioni** raccolti vanno posti nelle provette completamente immersi nell'etanolo; bisogna stare attenti a non stringere troppo i tappi delle provette per non fessurarli, ma assicurarsi di averli chiusi bene. Qualora fosse possibile, le provette vanno conservate in frigorifero od in freezer.

La **scheda di campo** è organizzata per settori riferibili ai transetti: per ciascuno di essi c'è una riga che l'identifica e le 7 righe successive sono riferite alle singole stazioni.

Per la compilazione:

si prega di scrivere in maniera leggibile;

i transetti che risultano nulli vanno comunque archiviati nella scheda nella riga riferita al transetto, mediante compilazione dei campi N° WP e TIP AMB del punto di partenza (PP) e scrivendo nelle note "transetto nullo";

vanno compilate anche le righe corrispondenti a stazioni in cui non si ritrova il campione, mediante tutti 0 (fuorché il punto GPS che va comunque segnato) ed in tal caso nelle note va indicata l'assenza o l'eventuale presenza di campioni secchi;

nel campo N° PELLET va indicato il numero dei campioni raccolti (solo 1 in assenza della replica oppure 2 in caso di raccolta della replica);

va anche indicata la tipologia ambientale prevalente in un raggio di 100 m dal sito di raccolta secondo le categorie indicate nella legenda ai piedi della scheda di campo;

il GPS va settato con sistema di coordinate UTM e datum European Datum 1950 (ED50);

il numero del GPS è richiesto per i casi in cui più operatori abbiano diversi GPS e i numeri dei WP si possano sovrapporre.

Tra le categorie ambientali più o meno aperte si fa riferimento nella scheda alle praterie, al pascolo (categorie completamente aperte), al pascolo cespugliato (se c'è una rappresentatività dei cespugli < 20%), al cespuglieto (se i cespugli coprono più del 20% del territorio); in questo caso va segnata la percentuale di copertura nelle note.

Alla fine delle operazioni di campo:

va effettuato un controllo incrociato tra le provette e la scheda compilata, in modo da rintracciare eventuali errori di trascrizione dei codici sulla provette;

vanno scaricati tutti i dati del GPS mediante cavetto e apposito programma, dividendo i waypoint dalle tracce e salvandoli come shapefile (.shp) in una cartella nominata con la data, nominandoli con il tipo di dati (punti o tracce) e il nome dell'area protetta, separatore basso (p. es.: nella cartella 20080318 ci saranno i file "punti_AP.shp" e "tracce_AP.shp")

In ultimo, man mano che si terminano i transetti da percorrere, va compilato il **data base** che vi è stato fornito, riportando le indicazioni della scheda. Vi si chiede di scrivere sia la sigla completa della provetta che le varie parti del codice, esclusivamente per avere un controllo ulteriore nella progressione dei codici. Vanno, infine, riportate anche le coordinate geografiche X e Y (coordinate UTM e datum ED50) dei diversi waypoint tracciati.

Nel caso dei transetti nulli va compilata la sezione dedicata al transetto, va inserita la sigla della provetta con la lettera della stazione N (Nulla) e con lo 0 finale al posto del numero del pellet; p. es. nel caso del transetto 25 dell'area protetta ZX va scritto ZX25N0, va segnata la tipologia ambientale dell'area percorsa. Infine vanno scritte le coordinate X e Y del punto di inizio.

Nel caso di stazioni nulle va compilata appieno la maschera del data base (con stazione = 0, n° del pellet = 0 etc), compresa la tipologia ambientale e va specificato nelle NOTE l'eventuale presenza o assenza di escrementi secchi.

Nel caso di campioni raccolti fra due stazioni va segnalato nelle note della scheda ACCESS relativa alla stazione precedente.

Progressivamente vanno spediti gli shapefile dei punti di raccolta degli escrementi contestualmente alla scheda compilata. I campioni raccolti vanno consegnati ai ricercatori dell'Istituto Nazionale della Fauna Selvatica presso la sede dell'ARP.

La raccolta va effettuata e fatta almeno dopo 2 giorni da eventuali piogge, per evitare di raccogliere campioni secchi inumiditi dall'acqua, riconoscibili in quanto diventano spugnosi.

Le stazioni in cui ci sono escrementi secchi di lepri ma non se ne ritrovano di freschi vanno rivisitate tra i 3 e i 7 giorni dal primo tentativo.

Se la raccolta dei campioni non dovesse andare a buon fine in un certo numero di transetti, si provvederà alla fine del primo turno eventualmente a fornire un numero di punti sostitutivi.

In definitiva i passi successivi da fare sono:

- riempire le provette con Etanolo al 95% (va bene etanolo da supermercato);
- caricare i punti sul GPS e impostarlo con la funzione NORD UP, con sistema di coordinate e datum corretto, con il LOG attivato;
- cercare sul campo con il GOTO il punto assegnato e prendere il waypoint;
- cercare feci nei primi 300 m;
- se se ne trovano definire TRANSETTO NULLO (compilare la scheda nella riga di riferimento);
- se se ne trovano, si stabilisce la stazione A, si prende il punto GPS e si compila la scheda, si nomina la provetta;
- si cercano feci fresche procedendo di 50 m in 50 m nelle stazioni B, C, D, E, F e G; si compila progressivamente la scheda e si prende il punto GPS, si nominano le provette con i campioni raccolti;
- alla fine di ogni transetto si fa un controllo incrociato tra scheda di campo e provette;
- scaricare i dati georiferiti e archiviare i dati nel database ACCESS;
- spedire i vari file (shapefiles, schede ACCESS archiviate);
- recapitare le schede cartacee e le provette al più presto.

9.BIBLIOGRAFIA

- ALCAMO, J., A. BOUWMAN, J. EDMONDS, A. GRÜBLER, T. MORITA, AND A. SUGANDHY, 1995: *An evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios*. In *Climate Change 1994, Radiative Forcing of Climate Change and An Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios*, J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, J. Bruce, Hoesung Lee, B.A. Callander, E. Haites, N. Harris and K. Maskell (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, pp. 233- 304
- ALVES P. C., N. FERRAND, F. SUCHENTRUNK e D. J. HARRIS, 2003 - Ancient introgression of *Lepus timidus* mtDNA into *L. granatensis* and *L. europaeus* in the Iberian Peninsula. *Mol. Physiol. Evol.*, 27: 70-80.
- AMAYA J. N., M. G. ALSINA e A. A. BRANDANI, 1979 - Ecología de la Liebre europea, *Lepus europaeus* P. Recursos Naturales, Informe Técnico, 9. INTA, Bariloche (Argentina).
- AMORI G., ANGELICI F. M., PRIGIONI C., e TAGLIANTI A. V., 1996 - The mammal fauna of Italy a review. *Hystrix*, 8, 1-2: 3-7.
- AMORI G., F.M. ANGELICI e L. BOITANI, 1999 - Mammals of Italy: A revised list of species and subspecies. *Senckenbergiana Biologica*, 79: 271-286.

- ANDERSEN J. e D. JENSEN, 1972 - Studies on the European hare XXVIII: The weight of the eye lens in European hares of known age. *Acta Theriol.*, 17: 87-92.
- ANDERSEN J., 1957 - Studies in Danish Hare-populations: I-Population fluctuations. *Danish Rev. Game Biol.*, 3, 2: 89-131.
- ANGELICI F. M. e LUISELLI L., 2001 – Distribution and status of the Apennine hare *L. corsicanus*, in continental Italy and Sicily. *Oryx*, 35, 3: 245-249.
- ANGELICI F. M., 1995 – Ecologia della Lepre europea (*Lepus europaeus* Pallas 1778) nel Pre-Appennino laziale. Analisi di individui immessi per il ripopolamento venatorio. – Unpublished PhD thesis University of Rome “La Sapienza”, 68 pp. (In Italian).
- ANGELICI F. M., 1998 - Lepri: Lepre europea (autoctona), *Lepus europaeus meridiei*, Lepre appenninica *Lepus corsicanus*, Lepre sarda *Lepus capensis mediterraneus*. In: Bulgarini F., E. Calvario, F. Fraticelli, F. Petretti, e S. Sarrocco (Eds.), *Libro rosso degli animali d'Italia, Vertebrati*. WWF Italia: 116-117.
- ANGELICI F. M., RIGA F., BOITANI L. e LUISELLI L., 1999. - Use of dens by radiotracked brown hares *L. europaeus*. *Behavioural Processes*, 47: 205-209.
- ANGERBJÖRN A. e J. E. C. FLUX, 1995 - *Lepus timidus*. *Mammalian Species*, 495: 1-11.
- ANGERBJÖRN A., 1992 - Mortality pattern in mountain hares (*Lepus timidus*) on islands. In: B. Bobek, K. Perzanowski e W. L. Reglin (Ed.) *Swiat Press, Cracovia (Polonia)*, 87-93.
- ARTUSO I. e PAGANIN M., 1993 - Alcuni risultati del «Progetto Alpe» (U.N.C.Z.A. - F.I.d.C.). *Suppl. Ric. Biol. Sel.*, XXI: 463-466.
- AZZAROLI A., 1980 – Biogeografia dei Mammiferi della Sardegna. *Lavori della Società Italiana di Biogeografia*, 8: 35-52.
- BECCU E. e C. FASSÒ, 1993 - Allevamento sperimentale della Lepre sarda (*Lepus capensis mediterraneus* W.). In: *Atti del 1° Convegno regionale sulla fauna selvatica in Sardegna, Oristano 1993*: 403-406.
- BEGON M., HARPER J.L., TOWNSEND G.R., 1996 – *Ecology: Individuals populations and communities*. 3rd edn. Blackwell Sciences Ltd.
- BLONDEL J. e E ARONSON J., 1999 - *Biology and Wildlife of the Mediterranean Region*. Oxford University, pp. 328.
- BOISTEAU B. & MARION L., 2005 – Définition des habitats potentiels du héron cendré *Ardea cinerea* par l'analyse du paysage et de sa niche écologique. *Alauda*, 73 (4): 431-440.
- BOSCO C., 1899 - I roditori Pliocenici de Valdarno superiore. *Paleontografia Italica*, 5: 12-23.

- BRAY Y., 1998 – Vers une meilleure connaissance des flux démographiques chez le lièvre d'Europe. Tesi di Dottorato, Università di Bourgogne.
- BROEKHUIZEN S. e L. MARTINET, 1979 – Growth of embryos of the European hare (*Lepus europaeus* Pallas). *Z. Säugetierkunde*, 44: 175-179.
- BROEKHUIZEN S., 1971 - Age determination and age composition of hare populations. In: Transactions of the X Congress of the International Union of Game Biologists, Parigi: 477-489.
- BROEKHUIZEN S., 1979 – Survival in adult European hare. *Acta Theriol.*, 24, 34: 465-473.
- BROTONS L., THUILLER W., ARAÚJO M.B. & HIRZEL A.H., 2004 – Presence-absence versus presence-only modelling methods for predicting bird habitat suitability. *Ecography*, 27: 437-448.
- BULGARINI F., PETRELLA S., TEOFILI C. (a cura di), 2006. Biodiversity Vision dell'Ecoregione Mediterraneo Centrale. WWF Italia-MIUR, Roma
- BURRINI L., F. MATTEUCCI, R. MAZZONI DELLA STELLA e V. TROCCHI 1997. Indagini sui carnieri di lepre in provincia di Siena. Consiglio Regionale Toscano Federcaccia.
- BUTET A., 1985.- Méthode d'étude du régime alimentaire d'un rangeur polyphage (*Apodemus sylvaticus* L., 1758) par l'analyse microscopique des fèces. *Mammalia*, 49, n 4: 455-483
- CALOI L. e PALOMBO M. R., 1989 - La mammalofauna würmiana di Grotta Barbara (Monte Circeo): implicazioni paleoeconomiche e paleoambientali. *Hystrix*, 1 (n.s.): 85-94.
- CESS, R. D. et al., 1993: *Uncertainties in carbon dioxide radiative forcing in atmospheric general circulation models*. *Science*, **262**: 1252-1255.
- CHAPMAN J. A. e FLUX E. C., 1990 - Rabbits, Hares and Pikas. Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN/SSC Lagomorph Specialist Group. Gland.
- CHAPUIS J.L., 1980.- Méthodes d'étude du régime alimentaire du Lapin de garenne, *Oryctolagus cuniculus* (L.) par l'analyse microscopique des fèces. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 34: 159-195.
- COOLEY, W.W. & LOHNES. P.R., 1971 – Multivariate data analysis. John Wiley, New York, New York, USA.
- DE BATTISTI R., S. MIGLIORE, L. MASUTTI e V. TROCCHI, 2004 - The diet of the Italian hare *Lepus corsicanus* on Etna Mountain, Sicily. Abstract Book, 2nd World Lagomorph Conference, 26-31 luglio, Vairao (Portogallo), 157.

- DE LEO G.A., BEFFA F., GATTO M., FIORESE G., GORIA A. 2008. Le conseguenze dei cambiamenti climatici sull'uomo sugli ecosistemi, sul sistema economico, sul turismo, pp. 111-180 In, Progetto Kyoto Lombardia Per vincere la sfida dei cambiamenti climatici e del controllo dei gas serra in Lombardia, ed. Fondazione Lombardia pe l'Ambiente (Volume di presentazione dei risultati della ricerca finanziata da Regione Lombardia, Fondazione Lombardia per l'Ambiente, APAT e ERSAF Lombardia e promossa da Regione Lombardia, Fondazione Lombardia per l'Ambiente e ARPA Lombardia).
- DE MARINIS A. M. e TOSO S., 1998 – Come riconoscere le specie italiane di Leporidi attraverso l'analisi dei peli di giara. Il Congresso Italiano di Termologia, Varese, 28-30.10.1998. Libro dei riassunti: 83
- DE MARINIS A. M. e TOSO S., 1998 – Come riconoscere le specie italiane di Leporidi attraverso l'analisi dei peli di giara. Il Congresso Italiano di Termologia, Varese, 28-30.10.1998. Libro dei riassunti: 83
- DE WINTON W. E. 1898. On the hares of Western Europe and North Africa. Annual Magazine of Natural History, London 1: 149-158.
- DEIANA A. M. e C. MURGIA, 1996 - Relazione finale 1996. Università degli Studi di Cagliari, Regione Autonoma della Sardegna.
- DEIANA A. M. e C. MURGIA, 1999 - Relazione finale 1999. Università degli Studi di Cagliari, Regione Autonoma della Sardegna.
- DÍAZ S., FARGIONE J., CHAPIN F.S., TILMAN D., Biodiversity Loss Threatens Human Well-Being. *PLoS Biol.*, 2006
- DIAZ-ALMELA E., MARBÀ N., DUARTE C.M., Consequences of Mediterranean warming events in seagrass (*Posidonia oceanica*) flowering records. *Global Change Biology*, 2007, 13, 224-235
- DUARTE C.M., AGUSTÍ S., KENNEDY H., VAQUÉ D., The Mediterranean climate as a template for Mediterranean marine ecosystems, the example of the northeast Spanish littoral. *Progress in Oceanography*, 1999
- DUFFY J.E., STACHOWICZ J.J., Why biodiversity is important to oceanography, potential roles of genetic, species, and trophic diversity in pelagic ecosystem processes. *Marine Ecology Progress Series*, 2006, 311, 179-189
- ELLERMAN J. R. e T. C. S. MORRISON-SCOTT, 1951 - Checklist of Palearctic and Indian Mammals. British Museum, Londra.
- ELTON C.S., 1927 Animal ecology. Sindgwick and Jackson, London

- ESU D. e T. KOTSAKIS, 1980 – Paleobiogeografia dei Vertebrati e dei Molluschi continentali del Terziario e del Quaternario della Sardegna. Lavori della Società Italiana di Biogeografia, 8: 53-82.
- FADEJEV V. A., 1966 - Diet and daily activity of the European hare in the West Kazakstan. Tr. In ta zoologii AN KazSSR, 26: 30-45.
- Fiorese G., Gatto M., Ranci Ortigosa G., De Leo G.A. 2005. Scenari futuri di impatto dei cambiamenti climatici globali tramite l'applicazione di modelli di vocazionalità faunistica a ungulati alpini. Atti del XV Congresso della Società Italiana di Ecologia, Torino
- FLEBA L. e G. L. PINNA, 1997 - Studio preliminare al piano regionale faunistico - venatorio e analisi dello stato faunistico delle popolazioni di alcune specie di interesse venatorio. Regione Autonoma della Sardegna - Ufficio Regionale Fauna.
- FLUX J. E. C., 1967 - Reproduction and body weights of the hare *Lepus europaeus* Pallas, in New Zealand. *New Zealand Journal of Science*, 10: 357-401.
- FLUX J. E. C., 1970a - Colour change of mountain hares (*Lepus timidus scoticus*) in north-east Scotland. *J. Zool.*, 162: 345-358.
- FLUX J. E. C., 1970b - Life history of the mountain hare (*Lepus timidus scoticus*) in north-east Scotland. *J. Zool.*, 161: 75- 123
- FORTELEONI G., 1968 - La Lepre del Valdarno Superiore *Lepus valdarnensis* Weithhofer. Tesi di laurea in Scienze Geologiche, Università degli Studi di Firenze.
- FRAGUGLIONE D., 1961 - Proporzione dei sessi nella Lepre comune. *Diana (Svizzera)*, 12.
- FRANCOUR P. et al., Are the Mediterranean waters becoming warmer ? Information from biological indicators *Marine Pollution Bulletin*, 1994, 28, 523-526
- FRIEND M., 1967 - Relationship between eye lens weight and variations in diet. *Fish and Game Journal*, 14: 122-151.
- FRYLESTAM B. 1980 – Utilization of farmland habitats by European hares (*Lepus europaeus* Pallas) in southern Sweden. *Viltrevy*, 11: 271-284
- FRYLESTAM B. e T. VON SCHANTZ, 1977 – Age determination of European hares based on perioseal growth lines. *Mammal Rev.*, 7, 3-4: 151-154.
- FUNTOWICZ, S.O. & RAVETZ, J.R., 1990. *Uncertainty and quality in science for policy*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- GIBB J. A., 1990 - The European rabbit *Oryctolagus cuniculus*. In: J. A. Chapman e J. E. C. Flux (Ed.), *Rabbits, Hares and Pikas - Status Survey and Conservation Action Plan*. IUCN/SSC Lagomorph Specialist Group: 116-120.

- GIDELY J. W., 1912 – The lagomorphs are an independent order. *Science*, 36: 285-286.
- GRABHERR G., GOTTFRIED M., GRUBER A. & PAULI H., 2001. *Aspects of global change in the Alps and in the high arctic region. Long-term monitoring of mountain peaks in the Alps*. In: (Burga & Kratochwil eds.). *Biomonitoring*: 153-177. Kluwer Academic Publishers
- GRINNEL J., 1924 – Geography and evolution. *Ecology*, 5: 225-229.
- GRINNEL, 1917 – The niche relationships of the Californian thrasher. *Auk*, 21: 364-382.
- GRINNEL, J. 1928. *A distributional Summation of the Ornithology of Lower California* University of California Press. Berkeley, California.
- HALANYCH K. M., DEMBOSKY J. R., JANSEN VAN VUUREN B., KLEIN D R., COOK J. R., 1999 – Cytochrome b phylogeny of North American hares and jackrabbits (*Lepus*, Lagomorpha) and the effects of saturation in outgroup taxa. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 11: 213-221.
- HARE, W. 2003. *Assessment of knowledge on impacts of climate chang.*, Contribution to the specification of Art. 2 of the UNFCCC. Background report to the WBGU special report 94.
- HARVEY, L. D. D., 1994: *Transient temperature and sea level response of a two-dimensional ocean-climate model to greenhouse gas increases*. *Journal Geophys. Res.*, **99**: 18447-18466
- HAUSSER J., 1995 – *Mammifère de Suisse*. Birkhäuser Verlag, Switzerland.
- HEWITT G. 2000. The genetic legacy of the Quaternary ice ages. *Nature* 405: 907-913.
- HEWITT G. M., 1996 - Some genetic consequences of ice ages, and their role in divergence and speciation. *Biol. J. Linn. Soc.*, 58: 247-279.
- HEWSON R., 1983 - Mountain hare, *Lepus timidus*, bags and moor management. *J. Zool.*, 204: 563-565.
- HEWSON R., 1983 - Mountain hare, *Lepus timidus*, bags and moor management. *J. Zool.*, 204: 563-565.
- HEWSON R., 1990 - Behaviour, population changes and dispersal of mountain hares (*Lepus timidus*) in Scotland. *J. Zool.*, 220: 287-309.
- HEWSON R., 1990 - Behaviour, population changes and dispersal of mountain hares (*Lepus timidus*) in Scotland. *J. Zool.*, 220: 287-309.
- HEWSON R., 1996 - Mountain hare, Irish hare *Lepus timidus*. In: Corbet e Harris (Ed.), *The handbook of British Mammals*, III ed., 161-175.

- HEWSON R., 1996 - Mountain hare, Irish hare *Lepus timidus*. In: Corbet e Harris (Ed.), The handbook of British Mammals, III ed., 161-175.
- HEWSON, R. 1976 - A population study of mountain hares (*Lepus timidus*) in north-eastern Scotland from 1956–1969. *Journal of Animal Ecology*, 45, 395–414.
- HEWSON, R. 1976 - A population study of mountain hares (*Lepus timidus*) in north-eastern Scotland from 1956–1969. *Journal of Animal Ecology*, 45, 395–414.
- HIRZEL A., 2001 – When GIS come to life. Linking landscape and population ecology for large population management modelling: the case of Ibex (*Capra ibex*) in Switzerland. Tesi di dottorato. Università di Lausanne, Svizzera.
- HIRZEL A.H, POSSE B., OGGIER P.A., CRETENAND Y., GLENZ C. & ARLETTAZ R., 2004 – Ecological requirements of reintroduced species and the implications for release policy: the case of the bearded vulture *J. App. Ecol.*, 41: 1103–1116.
- HIRZEL A.H. & ARLETTAZ R., 2003 – Modelling habitat suitability for complex species distributions by environmental-distance geometric mean. *Envir. Man.*, 32:614-623.
- HIRZEL A.H., HAUSSER J., CHESSEL D. & PERRIN1 N., 2002 – Ecological-Niche Factor Analysis: How To Compute Habitat-Suitability Maps Without Absence Data? *Ecology*, 83(7): 2027-2036.
- HOLLEY A. J. F., 1993 - Do brown hares signal to foxes? *Ethology*, 94: 21-30.
- HOMOLKA M., 1982 - The food of *Lepus europaeus* in a meadow and woodland complex. *Folia Zool.*, 31,3: 243-253.
- HOMOLKA M., 1983 - The diet of *Lepus europaeus* in the agrocenoses. *Acta Sc. Nat. Brno*, 17, 11: 1-41.
- HOMOLKA M., 1987 - A comparison of the trophic nichel of *Lepus europaeus* and *Oryctolagus cuniculus*. *Folia Zool.*, 36: 307-317.
- HOUGHTON, J.T., G.J. JENKINS, AND J.J. EPHRAUMS, (ED) 1990. *Climate Change :The IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press
- HUGHES L.L., Biological consequences of global warming, is the signal already apparent? *Trends in Ecology and Evolution*, 2000, 15(2), 56-61
- HUGHES, L., 2000. *Biological consequences of global warming: is the signal already apparent?*. *Trends in Ecology and Evolution* **15**(2): 56–61.
- HUTCHINSON G.E., 1957 – Concluding remarks- Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology. 22:415-427. Reprinted in 1991: Classics in Theoretical Biology. *Bull. of Math. Biol.* 53:193-213.

- HUTCHINSON G.E., 1957 – Concluding remarks- Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology. 22:415-427. Reprinted in 1991: Classics in Theoretical Biology. Bull. of Math. Biol. 53:193-213.
- IACOANGELI O., 1997 - I Lagomorfi pleistocenici di Melpignano (LE). Tesi di laurea, Università degli Studi di Roma “La Sapienza”.
- IELARDI G. (a cura di), 2006. [Parchi di Roma e del Lazio. Guida completa natura cultura turismo](#). Giunti.
- INOUE D.W., Effects of climate change on phenology, frost damage and floral abundance of montane wildflowers *Ecology*, 2008, 89, 353-362.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGES, 1997. *An Introduction to simple climate models used in the IPCC Second Assessment Report*. Cambridge Univ. Press, UK
- JACOBSON A.R., PROVENZALE A., VON HARDENBERG A. *et al.*, Climate forcing and density dependence in a mountain
- KAUHALA K. e SOVERI T., 2001 - An evaluation of methods for distinguishing between juvenile and adult mountain hares *Lepus timidus*. *Wildl. Biol.*, 7: 295-300.
- KELLY, P. M. AND T. M. L. WIGLEY, 1992: *Solar cycle length, greenhouse forcing and global climate*. *Nature*: **360**, 328-330
- KREBS C. J., 1986 - Are Lagomorphs similar to other small mammals in their population ecology? *Mammal Rev.*, 16: 187-194.
- KUDERLING I., TROCCHI V., DELL’ANTONIO M., SPAGNESI M. e FRASCHINI F., 1979 - Investigations on seasonal rhythms and the effect of melatonin in the Alpine hare (*Lepus timidus timidus* L.). In: *Progress in Brain Research, The pineal gland of Vertebrates including Man*, 52: 417-420.
- KURTEN B., 1968 – Pleistocene Mammals of Europe. Weidenfeld & Nicolson, London. La Maison Rustique Paris, pp. 157.
- LEBRETON J. D. e J. CLOBERT, 1990 - Bird population dynamics, management and conservation: the role of mathematical modelling. In: C. M. Perrins, J. D. Lebreton e J. M. Hirons, *Bird Population Studies*. Oxford University Press, Oxford: 105-125.
- LEGENDRE L. & LEGENDRE P. 1998 – Numerical ecology. 2nd English edn. Elsevier Science BV, 152 Amsterdam, The Netherlands.
- LEGGETT, J., W.J. PEPPER AND R.J. SWART, 1992. *Emissions Scenarios for the IPCC: an Update*. In: *Climate Change 1992. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment* [Houghton, J.T., B.A. Callander and S.K. Varney (eds.)]. Cambridge University

- Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 71-95.
- LEVERETTE T.L., 2004 – Predicting suitable habitat for deep water corals in the Pacific and Atlantic continental Margins of North America. Tesi di Laurea. Dalhousie University Halifax, Nova Scotia.
 - LO VALVO M., BARERA A. e SEMINARA S., 1997 - Biometria e status della Lepre appenninica (*Lepus corsicanus* de Winton 1898). *Il Naturalista Siciliano*, IV, 21: 67-74.
 - LOPEZ – MARTINEZ N., 1977 – Revisión Sistemática y Biostratigráfica de los Lagomorfa (Mammalia) del Terziario y Cuaternario de Espana. Universidad de Madrid, Facultad de Ciencias Geológicas.
 - LOPEZ – MARTINEZ N., 1977 – Revisión Sistemática y Biostratigráfica de los Lagomorfa (Mammalia) del Terziario y Cuaternario de Espana. Universidad de Madrid, Facultad de Ciencias Geológicas.
 - LOPEZ – MARTINEZ N., 1980 – Les Lagomorphes (Mammalia) du Pleistocene superieur de Jaurens. *Nouveles Archives de la Musee d’Histoire Naturelle de Lyon*, 18: 5-16.
 - LOPEZ – MARTINEZ N., 1980 – Les Lagomorphes (Mammalia) du Pleistocene superieur de Jaurens. *Nouveles Archives de la Musee d’Histoire Naturelle de Lyon*, 18: 5-16.
 - LOPEZ – MARTINEZ N., 1998 – A look to the Lagomorph fossil record. *Diversity, Biology and Conservation of Lagomorpha*, . 86, Euro-American Mammal Congress, Santiago de Compostela, Spain, July 19-24, 1998.
 - LOPEZ – MARTINEZ N., 1998 – A look to the Lagomorph fossil record. *Diversity, Biology and Conservation of Lagomorpha*, . 86, Euro-American Mammal Congress, Santiago de Compostela, Spain, July 19-24, 1998.
 - MACCHIA M., RIGA F., TROCCHI V., 2006. Distribuzione ed ecologia della Lepre italica in Provincia di Grosseto . Relazione conclusiva - Giugno 2006. Ist. Naz. Fauna Selvatica – Amministrazione Provinciale di Grosseto.
 - MACCHIA M., TROCCHI V. e RIGA F., 2005 - Distribuzione ed ecologia della Lepre italica in Provincia di Grosseto. Relazione conclusiva - Amministrazione Provinciale di Grosseto – Ist. Naz. Fauna Selvatica
 - MANDLEBERG L., 2004 – A comparison of the predictive abilities of four approaches for modelling the distribution of cetaceans. Tesi di Laurea. Università di Aberdeen, U.K.
 - MANLY, B.F.J. 1986. *Multivariate statistical methods: a primer*. Chapman and Hall, New York, pp.59-71.
 - MARBOUTIN E. e R. PEROUX, 1995 - Survival pattern of European hare in a decreasing population. *J. Appl. Ecol.* 32: 809-816.

- MARBOUTIN, E. & AEBISCHER, N.J. (1996) Does harvesting arable crops influence the behaviour of the European hare *Lepus europaeus*? *Wildlife Biology*, 2, 83–91.
- MC LAREN G. W., M. R. HUTCHINGS & S. HARRIS, 1997 - Why are Brown hares (*Lepus europaeus*) rare in pastoral landscapes in Great Britain? In: *Actes du XII Atelier international sur les Lagomorphes*, Clermont-Ferrand, 8-11.7.1996. *Gibier Faune Sauvage*, 14, 3: 335-348.
- MCARDLE B.H., 1990 – When are rare species not there? *Oikos* 57, 276-277.
- MELO-FERREIRA J., BOURSOT P., RANDI E., KRYUKOV A., SUCHENTRUNK F., FERRAND N. E ALVES P. C. 2007. The rise and fall of the mountain hare (*Lepus timidus*) during Pleistocene glaciations: expansion and retreat with hybridization in the Iberian Peninsula *Molecular Ecology* 16: 605-618.
- MELO-FERREIRA J., BOURSOT P., SUCHENTRUNK F., FERRAND N. E ALVES P. C. 2005. Invasion from the cold past: extensive introgression of mountain hare (*Lepus timidus*) mitochondrial DNA into three other hare species in Northern Iberia. *Molecular Ecology* 14: 2459-2464.
- MERIGGI A. (1989) Analisi dei metodi di censimento della fauna selvatica (Aves, Mammalia). *Aspetti teorici e applicativi. Ricerche di biologia della selvaggina* 83: 1-59
- MERIGGI, A. & ALIERI, R. (1989) Factors affecting Brown hare density in northern Italy. *Ethology, Ecology and Evolution* 1: 255–264
- MILLER G. S., 1912 – *Catalogue of the mammals of western Europe*. British Museum, Londra.
- MOLAU, U. AND ALATALO, J.M., 1998. *Responses of sub-alpine plant communities to simulated environmental change*, *Ambio*, 27: 322–329
- MORGAN, M.G. AND M. HENRION, 1990: *Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- MYERS K. e N.GILBERT, 1968 – Determination of age of wild rabbits in Australia. *J. Wildl. Manage.*, 32, 4: 341-348.
- MYRCHA A., 1968 - Winter food intake in European hare (*Lepus europaeus* Pallas, 1778) in experimental conditions. *Acta Theriol.*, XIII, 28: 453-459.
- NOCCHI G. e B. SALA, 1994 – Il coniglio fossile di Grotta Valdemino (Borgio Verezzi, Savona) nel quadro degli Oryctolagini quaternari dell'Europa occidentale. *Riassunti del 1° Congresso Italiano di Teriologia*. Associazione Teriologica Italiana, Università di Pisa, Università di Siena, Centro Stampa dell'Università di Siena: 119.

- NYENHUIS H., 1990 - Die Wirkung der Witterung auf die Populations dynamikk des Feldhasen. In: Myrberget S. (Ed.): Trans. of the XIX IUGB Congress, Trondheim, vol I: 163-170.
- ONIDA P., S. COSSU, A. TORRE, A. MERIGGI, C. CESARIS, O. SACCHI e C. FASSÒ, 1995 - Primo studio finalizzato alla gestione della Lepre sarda, *Lepus capensis mediterraneus*, nella provincia di Oristano. IVRAM, Università degli Studi di Pavia, Azienda Foreste Demaniali, Regione Autonoma della Sardegna.
- OSBORN, T. J. AND T. M. L. WIGLEY, 1994. *A simple model for estimating methane concentrations and lifetime variations*. *Climate Dynamics*, **9**: 181-193.
- PALACIOS F., ORUETA J.F. e TAPIAG.G., 1989 - Taxonomic review of the *Lepus europaeus* group in Italy and Corsica. Abstract of paper and posters, V ITC, Roma, I: 189-190.
- PALACIOS F., 1996 - Systematics of the indigenous hares of Italy traditionally identified as *Lepus europaeus* Pallas 1778 (Mammalia: Leporidae). *Bonn. Zool. Beitr.*, **46**: 59-91.
- PARKES, J. P., 1989 - Annual patterns in reproduction and perirenal fat of hares (*Lepus europaeus*) in subalpine Canterbury, New Zeland. *J. Zool.*, **217**: 9-21.
- PARMESAN C., RYRHOLM N., STEFANESCU C. *et al.*, Poleward shifts in geographical
- PARMESAN C., YOHE G., A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural system. *Nature* 2003, **421**, 37-42
- PARMESAN, C. AND YOHE, G., 2003. *A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems*. *Nature*, **421**: 37–42.
- PAULI, H., GOTTFRIED, M., DIRNBÖCK, T., DULLINGER, S. AND GRABHERR, G., 2003. *Assessing the long-term dynamics of endemic plants at summit habitats*. In Nagy, L., Grabherr, G., Körner C. and Thompson, D.B.A. (eds), *Alpine Biodiversity in Europe — a Europe-wide assessment of biological richness and change*, Ecological Studies, Springer, Berlin, pp. 195–207.
- PEHRSON A. e B. LINDOLF, 1984 - Impact of winter nutrition on reproduction in captive mountain hares (*Lepus timidus*) (Mammalia: Lagomorpha). *J. Zool.*, **204**: 201-209.
- PEÑUELAS J., FILELLA I., 2001. Phenology, Responses to a Warming World. *Science*, **294** (5543), 793-795
- PEPIN D., 1974 - Mise au point de techniques pour l'étude de populations de lièvres. *Bulletin de l'Office National de la Chasse*, **2**: 77-119.
- PEPIN D., 1981- Sauvegarder et développer les populations de Lièvres. *La Maison Rustique*, Parigi, 157 pp.

- PEPIN D., 1989 - Variation in survival of brown hare (*Lepus europaeus*) leverets from different farmland areas in the Paris basin. *J. Appl. Ecol.*, 26: 13-23.
- PEPIN D., B. CARGNELUTTI, 1994 - Individual variations of daily activity patterns in radiotracked European hares during winter. *Acta Theriol.*, 39: 399-409.
- PEPPER, W.J., J. LEGGETT, R. SWART, J. WASSON, J. EDMONDS, AND I. MINTZER, 1992. Emissions Scenarios for the IPCC. An Update: Assumptions, Methodology, and Results. Support Document for Chapter A3. In *Climate Change 1992: Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*. J.T. Houghton, B.A. Callandar and S.K. Varney (eds.), Cambridge University Press, Cambridge.
- PERLINIR., 1923 - Fauna Alpina (Vertebrati delle Alpi). Arti Grafiche, Bergamo: 300 pp.
- PIASENTIER E., S. CLOCCHIATTI e F. DONATI, 1997 - Effetto del miglioramento dei prati sul comportamento alimentare della Lepre. In: Atti XIV Convegno Gruppo di Studio per Allevamenti di Selvaggina. 4-5 aprile, Bastia Umbra (PG). Regione Umbria, A.R.U.S.I.A.: 195-203.
- PIELOWSKI Z. e Z. PUCEK, 1976 - Ecology and management of European hare populations. Polish Hunting Association, Warszawa.
- PIERPAOLI M., RIGA F., TROCCHI V. e RANDI E., 2003 – Hare populations in Europe: intra and interspecific analysis of mtDNA variation. *Compt Rendue, Biologie*, 326: S80-S84
- PIERPAOLI M., RIGA F., TROCCHI V. e RANDI E., 1999. Species distinction and evolutionary relationship of the italian hare (*Lepus corsicanus* De Winton, 1898) as described by mitochondrial DNA sequencing. *Mol. Ecol.* 8: 1805-1817
- PRESTON, C.D., TELFER, M.G., ARNOLD, H.R., CAREY, P.D., COOPER, J.M., DINES, T.D., HILL, M.O., PEARMAN, D.A., ROY, D.B. AND SMART, S.M., 2002. *The changing flora of the UK*, London, DEFRA
- PRIGIONI C., PELIZZA S., 1992 - Habitat use by the european hare (*Lepus europaeus*) in northern Italy agricultural area. In: Bobek B., Perzanowski K. and Regelin W. L. (Eds.): *Global Trends in Wildlife Management*, Vol. 2, Swiat Press: 295-298.
- PRIGIONI C., PELIZZA S., 1992 - Habitat use by the european hare (*Lepus europaeus*) in northern Italy agricultural area. In: Bobek B., Perzanowski K. and Regelin W. L. (Eds.): *Global Trends in Wildlife Management*, Vol. 2, Swiat Press: 295-298.
- RACZYNSKY J., 1964 - Studies on the European Hare. V. Reproduction. *Acta Theriol.* 9, 19:305-352.
- RAMASWAMY, V., M. D. SCHWARZKOPF AND K. P. SHINE, 1992. *Radiative forcing of climate from halocarbon-induced global stratospheric ozone loss*. *Nature*, **355**: 810-812.

- RANDI E., ALVES P. C., CARRANZA J., MILOŠEVIĆ-ZLATANOVIĆ S., SFOUGARIS A. E MUCCI N. 2004. Phylogeography of roe deer (*Capreolus capreolus*) populations: the effect of historical genetic subdivisions and recent non equilibrium dynamics. *Molecular Ecology* 23: 3071-3083.
- ranges of butterfly specie associated with regional warming. *Nature*, 1999, 399, 579-583.
- REUTTER B.A., HELFER V., HIRZEL A.H. & VOGEL P., 2003 – Modelling habitat-suitability on the base of museum collections: an example with three sympatric *Apodemus* species from 157 the Alps. *J. Biog.*, 30:581-590.
- RIGA F., TROCCHI V., RANDI E., e TOSO S., 2001 – Morphometric differentiation between the Italian hare (*Lepus corsicanus* De Winton, 1998) and the European brown hare (*Lepus europaeus* Pallas, 1778). *J. Zool.*, 253: 241-252.
- ROOT T.L., PRICE J.T., HALL K.R. *et al.*, Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 2003421, 57-60
- SCHERINI G. C. e G. TOSI, 1989 - Correlation between grouse and mountain hare hunting bags. In: S. Myrberget, Transactions of the XIXth IUGB Congress, Trondheim (Norvegia), NINA, Norwegian Institute for Nature Research, 1: 97-101.
- SCHNEIDER E., 1979 - Ethologie und biologie des Feldhasen (*Lepus europaeus* Pallas, 1778). Tesi di Laurea, Università di Göttingen.
- SFOUGARIS A., S. TOULIA, A. GIANNAKOPULOSe H. GOUMAS, 2003 - Food habits of the European hare (*Lepus europaeus*) in natural ecosystems of central Greece. Abstracts and contributing authors, XXVIth International IUGB Congress, Xth International Perdix Symposium, 1-6 settembre, Braga (Portogallo).
- SOLOW A.R., 1993 – Inferring extinction from sighting data. *Ecology*, 74: 962-964.
- SPAGNESI M. e V. TROCCHI, 1992 - La Lepre. Biologia, allevamento, patologia, gestione. Edagricole, Bologna, 275 pp.
- SUCHENTRUNK F., K. HACKLÄNDER e T. RUF, 2003 - Eye lens weights for age estimation in Brown hares, *Lepus europaeus*: new data different growth models. Book of abstracts and contributing authors, XXVI Intenational IUGB Congress and X Perdix Symposium, 1-6 settembre, Braga (Portogallo).
- SUCHENTRUNK F., NADLINGER K., ALKON P. U. E HAIDEN A. 1998. Allozyme and mtDNA RFLP data pertinent to the evolution of the brown and Cape hares (*Lepus europaeus* and *L. capensis*). Euro-American Mammal Congress, Abstracts, (Reig S. ed.), Universidad de Santiago de Compostela, Spagna, July 19-24, 1998, p. 98.

- SULKAVA S., 1999 - *Lepus timidus* Linnaeus, 1758. In: A. J. Mitchell-Jones, G. Amori, W. Bogdanowicz, B. Krystufek, P. J. Reijnders, F. Spitzenberger, M. Stubbe, J. B. M. Thissen, V. Vohralik e J. Zima (Eds.), *The Atlas of European Mammals*. Poyser Natural History. Academic Press: 170-171.
- TAMIS, W.L.M., VAN 'T ZELFDE, M., AND VAN DER MEIJDEN, R., 2001. *Changes in vascular plant biodiversity in the Netherlands in the twentieth century explained by climatic and other environmental characteristics*. In Van Oene, H., Ellis, W.N., Heijmans, M.M.P.D., Mauquoy, D., Tamis, W.L.M., Berendse, F., Van Geel, B., Van der Meijden, R. and Ulenberg, S.A. (eds), *Long-term effects of climate change on biodiversity and ecosystem processes*, NOP, Bilthoven, pp. 23–51
- TAPPER S. C. e N. PARSONS, 1984 - The changing status of the brown hare (*Lepus europaeus*) in Britain. *Mammal Rev.*, 1: 57-70.
- TAPPER S. C. e R. F. W. BARNES, 1986 - Influence of farming practice on the ecology of the brown hare (*Lepus europaeus*). *J. Appl. Ecol.*, 23: 39-52.
- Thuiller W., Climate change and the ecologist. *Nature*, 2007, 448, 550-552
- THULIN C. G., 2003 – The distribution of mountain hares *Lepus timidus* in Europe: a challenge from brown hares *Lepus europaeus*? *Mammal Rev.* 33, 1:29-42.
- THULIN C. G., FANG M. E AVERIANOV A. O. 2006. Introgression from *Lepus europaeus* to *L. timidus* in Russia revealed by mitochondrial single nucleotide polymorphism and nuclear microsatellites. *Hereditas* 143: 68-76.
- THULIN C. G., JAAROLA M., TEGELSTRÖM H. 1997. The occurrence of mountain hare mitochondrial DNA in wild brown hares. *Molecular Ecology* 6: 463-467.
- THULIN, C. G. 2000 - Hybridisation between introduced brown hares and native mountain hares in Sweden. PhD Thesis, p 110. Uppsala University, Uppsala.
- TOMASELLI R., A. BALDUZZI e S. FILIPPELLO, 1973 - Carta bioclimatica d'Italia. *Collana Verde*, 33, Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste.
- TONOLLI S., R. DEBATTISTI e L. MASUTTI, 2002 - La condizione della Lepre in Trentino: attività sperimentale. In: R. De Battisti, V. Trocchi e U. Zamboni (Eds.), *Indagini per la definizione di un modello di gestione della Lepre (*Lepus europaeus*) in ambiente alpino. L'esperienza della Provincia di Trento*. Associazione Cacciatori della Provincia di Trento: 41-92.
- TOSCHI A., 1965 - Fauna d'Italia. Mammalia: Lagomorpha, Rodentia, Carnivora, Ungulata, Cetacea. Calderini, Bologna, VII: 1-47.

- TROCCHI V., F. RIGA (a cura di), 2005 – I Lagomorfi in Italia. Linee guida per la conservazione e la gestione. Min. Politiche Agricole e Forestali – Ist. Naz. Fauna Selvatica, Documenti Tecnici, 25: 1-128.
ungulate population. *Ecology*, 2004, 85(6), 1598-1610.
- VERDONE M., TERRACCIANO G., TROCCHI V., POLI A., 1991 - Dinamica di popolazioni di Lepre (*Lepus europaeus* Pallas), prevalenza ed intensità delle parassitosi. In: Fasola M. (Red.), Atti II Seminario Italiano Censimenti Faunistici dei Vertebrati, Suppl. Ric. Biol. Selvaggina, XVI: 605-610.
- VIGNE J. D. 1992. Zooarchaeology and the biogeographical history of the mammals of Corsica and Sardinia since the last ice age. *Mammal Review* 2: 87-89.
- VIGNE J. D., 1988 – Les mammifères post-glaciaires de Corse. Etude archeozoologique XXVI supplement a Gallia Préhistoire. Editions du CNRS. Parigi: 337 pp.
- WALTARI E. E COOK J. A. 2005. Hares on ice: phylogeography and historical demographics of *Lepus arcticus*, *L. othus*, and *L. timidus* (Mammalia: Lagomorpha). *Molecular Ecology* 14: 3005-3016.
- WALTHER G.R. *et al.*, Ecological response to recent climate change. *Nature*, 2002, 416, 389-395
- WALTHER G.-R., POST E., CONVEY P. *et al.*, Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 2002, 416, 389 395.
- WIGLEY, T. M. L. AND S. C. B. RAPER, 1990. *Natural variability of the climate system and detection of the greenhouse effect*. *Nature*, **344**: 324-327.