

Gestione del bosco e conservazione della biodiversità: l'analisi eco-paesistica applicata a territori boscati della Toscana meridionale [§]

Paola Mairota^{1*}, Guido Tellini Florenzano² e Pietro Piussi³

Accettato il 3 marzo 2006

Riassunto – Questa ricerca, svolta in un territorio caratterizzato da boschi di latifoglie sempreverdi e caducifoglie della Toscana meridionale, cerca di valutare le conseguenze del governo a ceduo sulla biodiversità e di proporre criteri adatti al mantenimento della conservazione biologica. È stata condotta un'analisi della configurazione spaziale del paesaggio secondo i principi dell'ecologia del paesaggio e utilizzando gli uccelli come bioindicatori, sfruttando dati già disponibili relativi al territorio studiato. La relazione tra territorio e biodiversità è stata analizzata a diverse scale spaziali per capire se la percezione del territorio boscato e dei cambiamenti ad esso apportati dall'applicazione di strategie forestali da parte di un tecnico forestale può essere comparata a quella degli uccelli. Sono stati costruiti scenari che prevedono limitazioni alla gestione per stimare l'impatto di differenti criteri di utilizzazione sul *pattern* spaziale delle risorse e di conseguenza sulla biodiversità. Questi criteri sono poi stati verificati in un'azienda forestale pubblica dotata di un piano di gestione. Le principali conclusioni a cui si è pervenuti possono essere così riassunte:

1. a livello regionale il territorio delle Colline Metallifere svolge un ruolo importante per assicurare la continuità ecologica. La gestione forestale e la pianificazione ecologica dovrebbero sempre analizzare il territorio a scale diverse;
2. l'eterogeneità strutturale, nel caso considerato, influisce sulla biodiversità in modo apparentemente contraddittorio. I criteri di gestione adottati favoriscono le specie di uccelli legate alle fustaie ma sono svantaggiosi per le specie legate a spazi aperti. La politica forestale degli ultimi decenni orientata al rimboschimento di terreni agricoli, lo spopolamento rurale che ha dato origine a successioni secondarie su terre abbandonate e l'allungamento dei turni dei cedui hanno avuto come conseguenza la forte riduzione delle aree aperte. Queste ultime costituiscono l'habitat per specie ornitiche che in tutto il bacino del Mediterraneo sono minacciate;
3. la crescita degli alberi causa cambiamenti strutturali nei popolamenti e quindi il mosaico costituito dalle diverse strutture arboree può essere definito "fragile". I cambiamenti che avvengono nel paesaggio come conseguenza di questi processi aumentano l'omogeneità e quindi agiscono sulla biodiversità in modo negativo;
4. numerosi limiti alla gestione adottati nella costruzione degli scenari corrispondono a norme già adottate nella usuale prassi dell'assetto forestale che comunque non tengono espressamente in considerazione la biodiversità;
5. dati empirici sulla biodiversità nei cedui, che potrebbero sostenere o respingere queste ipotesi, sono assenti; la ricerca sul campo su questo problema è necessaria;
6. il differente comportamento delle diverse specie di uccelli nell'habitat dei cedui dimostra che è necessario adottare precisi e chiari criteri per quanto riguarda le specie indicatrici o le specie "ombrello" ed evitare generiche affermazioni su "fauna", "flora" "uccelli" o "habitat" nel valutare la biodiversità.

Parole chiave: *gestione forestale, biodiversità, paesaggio, grana, estensione.*

Abstract – Forest management and biodiversity conservation: landscape ecological analysis of wooded lands in southern Tuscany (Italy).

This research, developed for a wooded area of Southern Tuscany with both the evergreen and deciduous broadleaves woods, aims to show the consequences of coppice management on biodiversity and to suggest a methodology useful to foster biological conservation. An analysis of landscape spatial configuration was carried out according to principles of landscape ecology and using birds as indicators, by means of already available data describing this territory. The connection between the territory and biodiversity has been analysed at different spatial scales to understand if the perception limits of wooded land and their changes, caused by implementation of forestry strategies by a forest technician can be analogous to that of birds. Scenarios were built according to different constraints applied to management to estimate the impact of different utilisation criteria on resources spatial pattern and therefore on biodiversity. These criteria were then tested in a public estate managed according to a forest management plan. The most relevant conclusions of this research can be summarised as follows:

1. at a regional level the Colline Metallifere territory is important for establishing ecological continuity. Forestry and ecological planning should always approach the territory at different scales;
2. structural heterogeneity, for this case study, affects biodiversity in an apparently contradictory way. The management criteria adopted favour bird species linked to high forest environment but are disadvantageous to species linked to open ground. Forest policy of past decades leading to reforestation of former fields and pastures, rural depopulation inducing the secondary succession on abandoned

[§] Ricerca svolta nell'ambito del Progetto "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e culturale di differenti modalità di matricatura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno" promossa e finanziata da ARSIA- REGIONE TOSCANA e coordinata dall'ISSEL (Istituto Sperimentale per la Selvicoltura di Arezzo).

Le ricerche di cui ai contributi 1 e 3, nonché la Premessa e le Conclusioni sono stati svolti congiuntamente e in parti uguali dai tre Autori. La ricerca di cui al contributo 2 è stata svolta congiuntamente e in parti uguali da P. Mairota e P. Piussi.

* autore corrispondente p.mairota@uniba.it

¹ Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali, Facoltà di Agraria Università degli Studi di Bari, via Amendola 165/A 70126 Bari

² DREAM Italia, via dei Guazzi 31, I-52013 Poppi (AR) tellini@dream-italia.it

³ DISTAF Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Firenze, via S. Bonaventura 13 50145 Firenze pietro.piussi@unifi.it

- farmland and longer coppice rotations resulted in a strong reduction of open areas. These are important habitats for birds, which all over the Mediterranean area are menaced;
3. growth processes cause structural changes at the stand level and therefore mosaics originated by different stand structures can be considered as "fragile". Changes in the landscape due to these processes increase homogeneity and therefore may act on biodiversity in a negative way;
 4. several limitations adopted in building the scenarios correspond to rules already adopted in standard management plans, which do not take biodiversity specifically into consideration;
 5. empirical data on biodiversity collected in coppices, which could support or reject these hypotheses, are lacking; field research is mostly needed;
 6. different behaviour of various bird species in the coppice habitat show the need to adopt strict and clear concepts regarding indicator species or umbrella species and to avoid generic statements about "fauna", "birds" or "habitat" to evaluate biodiversity.

Key words: *forest management, biodiversity, landscape, grain, extent.*

F.D.C. 180: 907: 62: (450.52)

Premessa

Obiettivi

Nell'ambito del progetto "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e colturale di differenti modalità di matricinatura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno" si è ritenuto necessario prendere anche in considerazione alcune conseguenze della ceduzione sulla funzionalità ecologica del paesaggio forestale. Con questa analisi ci si prefiggeva di proporre un criterio oggettivo di analisi del territorio, utilizzabile ai fini della programmazione, in grado di chiarire le implicazioni del governo a ceduo sulla biodiversità, secondo i principi dell'ecologia del paesaggio applicati ad una serie di immagini virtuali del territorio oggetto del progetto.

Per questa ricerca ci si è avvalsi delle conoscenze relative all'ambiente già disponibili, del materiale documentario più adatto e dei metodi di analisi che meglio si prestano ad essere applicati in altri ambienti; la ricerca era infatti mirata alla definizione di strategie gestionali di carattere generale coerenti con la conservazione della biodiversità.

L'applicazione dell'analisi del paesaggio al territorio delle Colline Metallifere ha avuto quindi lo scopo di valutare l'impatto della ceduzione entro territori più ampi di quelli interessati da singoli episodi di ceduzione. La migliore conoscenza delle implicazioni ambientali del governo a ceduo può consentire ai tecnici forestali ed agli amministratori pubblici di rispondere in modo più appropriato all'esigenza di procedere alle utilizzazioni secondo criteri che meglio rispondano al criterio di multifunzionalità della selvicoltura. I processi decisionali potrebbero quindi evitare il ricorso

a motivazioni generiche male documentate e spesso oggetto di critiche da parte della pubblica opinione ed invece appoggiarsi a valutazioni fondate sul piano metodologico.

Fasi della ricerca

La ricerca si è svolta nella Toscana meridionale (province di Grosseto, Livorno e Pisa) nell'ambito del Demanio forestale regionale gestito dalla Comunità Montana delle Colline Metallifere (d'ora innanzi CM) e della Val di Cecina (Foresta di Monterufoli, provincia di Pisa), e prevalentemente nel territorio boscato incluso nel Piano di Gestione (d'ora innanzi PdG) della CM.

Il lavoro si è articolato in una serie di studi collegati tra loro dall'idea che, se la funzione produttiva dei boschi deve conciliarsi con altre funzioni (cfr. PAVARI 1933; PATRONE 1970; DE PHILIPPIS 1970) ed in particolare con la conservazione biologica (in passato semplicemente auspicata dai selvicoltori e dai naturalisti, ma oggi indicata dal Processo Pan-Europeo per una gestione forestale sostenibile come obiettivo da perseguire con pari dignità di altri fini), è necessario disporre di strumenti oggettivi per valutare l'impatto delle attività selvicolturali e proporre interventi volti a migliorare, ove possibile, oppure a mitigare, se necessario, le conseguenze dei tagli boschivi sul territorio.

Con una prima indagine (MAIROTA *et al.*, I contributo questo volume) è stata descritta la configurazione del paesaggio forestale a scale diverse sia in termini di presenza/assenza di copertura boschiva sia in termini di forma di governo e tipo strutturale. Inoltre si è cercato di capire se la percezione che gli uccelli (considerati validi bioindicatori) hanno del paesaggio

sia comparabile a quella del tecnico forestale al fine di poter valutare fino a che punto il punto di vista degli uccelli sia "automaticamente" considerato nella prassi della gestione forestale. La configurazione del paesaggio forestale e le sue modificazioni (dissodamenti, cambiamenti di forma di governo, variazioni della distribuzione degli stadi evolutivi, nell'ambito di una stessa forma di governo) vengono infatti percepite dagli uccelli che ad esse rispondono rapidamente con variazioni della loro distribuzione in un determinato contesto territoriale.

Questo lavoro ha interessato, oltre che i querceti caducifogli, anche un altro tipo di bosco – i querceti sempreverdi – largamente diffuso lungo la costa toscana e le colline prospicienti. Tutto questo territorio può essere considerato tipico della regione costiera della Toscana in termini di tipo di copertura vegetale, forma di governo e situazione economica. Oltre a ciò l'area studiata non è classificata, né proposta, come area protetta, salvo le indicazioni contenute nell'art. 2 della legge RT 39/2000 che sono valide per tutti i boschi, e quindi le modalità di gestione attuali e future sono teoricamente libere da vincoli particolari.

Con una seconda indagine (MAIROTA e PIUSSI, II contributo questo volume) si sono valutati gli effetti di ipotetiche diverse modalità d'uso della foresta sulla configurazione spaziale delle risorse e quindi sulla biodiversità attraverso la costruzione di scenari diversificati dal tipo di vincoli alla selvicoltura del ceduo (vincoli al taglio in determinate condizioni di stazione o di soprassuolo arboreo).

Un terzo studio (MAIROTA *et al.*, III contributo questo volume) esamina invece le conseguenze a lungo termine sulla configurazione delle risorse derivanti dall'applicazione dell'attuale PdG forestale che del resto già contiene gran parte delle regole di gestione imposte negli scenari costruiti nel caso precedente, e quindi argomenta circa possibili implicazioni sulla biodiversità.

Terminologia

E' opportuno chiarire in primo luogo il significato che verrà dato ad alcuni termini che sono impiegati nei contributi che seguono e che, data la loro diffusione in contesti spesso assai diversi, hanno ricevuto definizioni diverse.

La ricerca riguarda la conservazione della *biodiversità*. Questo termine ha assunto una grande popolarità anche al di fuori della comunità scientifica, anche se

nell'uso corrente il suo significato non è univoco. Quasi tutte le definizioni (WRI, WCU, UNEP, 1991; WCU, UNEP, WWF, 1991; McNEELY *et al.* 1990), comunque, pongono in evidenza che il concetto di biodiversità riguarda tutti i livelli dell'organizzazione biologica e che attiene non solo alla numerosità delle specie, ma anche alla abbondanza relativa delle popolazioni ed al complesso delle relazioni tra questi e l'ambiente. Per esempio: "la diversità biologica [che] si riferisce alla variabilità fra gli organismi viventi e dei complessi ecologici nei quali essi si trovano. La diversità può essere definita come il numero delle differenti entità e la loro frequenza relativa. Ai fini della diversità biologica, queste entità sono organizzate in molti livelli, dagli ecosistemi più complessi alle strutture chimiche che costituiscono la base molecolare dell'ereditarietà. Il termine quindi comprende ecosistemi, specie, geni e la loro abbondanza relativa." (U.S. CONGRESS OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT 1987 in BOYLE 1994).

Se per biodiversità si intende "l'insieme della pluralità delle specie e della complessità delle catene alimentari all'interno di un sistema, alla grande (microcosmo) come alla piccola scala (paesaggio, regione geografica) in cui le specie si muovono e con cui interagiscono" (HEYWOOD e WATSON 1995; WILSON 1988; 1997 in PAOLETTI 2001), risulta evidente come la scala ed i caratteri della struttura spaziale del paesaggio non siano estranei alla nozione stessa di biodiversità.

La conoscenza della biodiversità nella sua totalità è evidentemente un obiettivo impossibile da realizzare e per questo motivo si sono proposti nel tempo alcuni criteri che permettono di valutarne il grado attraverso il ricorso ad indicatori ossia a proprietà emergenti in grado di descrivere la struttura o la funzionalità di un sistema.

L'uso di indicatori ha una lunga tradizione, anche, tra l'altro, nel settore forestale dove gli indicatori (specie erbacee o arbustive, caratteri fisici o chimici del suolo, altezza degli alberi, *etc.*) sono stati impiegati per individuare le condizioni stazionali sia per la produttività di una stazione sia per le possibilità di impiego di determinate specie nei rimboschimenti. Si parla di bioindicatori quando la funzione di indicatori è svolta da organismi.

Come emerge dalla letteratura di settore (Noss 1990) gli uccelli sono buoni indicatori di qualità ambientale, sia perché possono essere specialisti di determinati ecosistemi, sia perché sono sensibili alle modificazioni ambientali, sia perché sono organismi

di grande vagilità alla scala di paesaggio, cioè dotati di efficienti modalità di spostamento e colonizzazione, sia, infine, perché (e ciò è di particolare interesse per gli scopi del presente lavoro) la diversità delle comunità di uccelli può essere legata alla struttura della vegetazione (McARTHUR 1961). Tra gli uccelli, i rapaci posti al vertice della catena alimentare, territoriali, spesso migratori e caratterizzati da ampi spettri trofici, possono essere utilizzati come veri e propri "campionatori" (LOVARI *et al.* 1976) di altre specie della fauna vertebrata e invertebrata, ovvero come indicatori della presenza di particolari inquinanti (metalli pesanti, pesticidi) accumulati nei tessuti.

Le migliori conoscenze oggi disponibili sul funzionamento degli ecosistemi e sulle relazioni che intercorrono tra ecosistemi diversi consentono lo studio dei processi che accadono tra le aree sottoposte a ceduzione e le aree limitrofe, sia che si tratti di altre aree boscate oppure di terre soggette a differenti forme d'uso. L'ecologia classica aveva posto in evidenza la peculiarità degli *ecotoni* in termini di condizioni fisiche e biologiche e di processi dinamici in atto, ma è stata l'*ecologia del paesaggio* che ha affrontato in modo organico i rapporti tra tratti di ecosistemi diversi, rapporti ben evidenti nella realtà di scala vasta.

Per gli scopi di questa ricerca si è adottata come definizione di *paesaggio* quella proposta dal *Working Group for Landscape Ecological Research* di *Wageningen* (1975 in ZONNEVELD 1979): "il paesaggio è un complesso di sistemi in relazione che nell'insieme formano una porzione riconoscibile (anche sotto l'aspetto fisionomico) della superficie terrestre. Esso è costituito e mantenuto dalle forze abiotiche e biotiche, così come dalle attività umane."

Questa "struttura" del paesaggio si traduce in una serie di processi ("funzioni") che interessano soprattutto i limiti (*ecotoni* ed *ecoclini*) tra i diversi elementi. Il paesaggio appare quindi come un *mosaico* nel quale elementi di composizione e struttura diversi sono accostati: l'elemento dominante è definito *matrice*, mentre al suo interno si individuano tratti di territorio (*patch*) omogenei rispetto al carattere (o ai caratteri) che sono oggetto di studio e che si differenziano dallo spazio circostante. Le *patch* sono talvolta collegate da strisce (*corridoi*) che possiedono la stessa loro natura e se da un lato interrompono la continuità spaziale della matrice attraversata, dall'altro determinano quella tra *patch* diverse. Entro il paesaggio hanno luogo flussi di elementi e di energia

e spostamenti di organismi e la connessione spaziale, ma soprattutto quella funzionale, tra vari elementi del paesaggio è infatti un importante carattere dal punto di vista biologico.

Questa realtà è l'oggetto di studio dell'ecologia del paesaggio. Anche di questo termine sono state prodotte definizioni diverse per le quali si rimanda a NAVEH e LIEBERMAN (1984); BERDOULAY e PHIPPS (1985); FORMAN e GODRON (1986); FINKE (1993); ROMANI (1994); FORMAN (1995); BAILEY (1996); WIENS (1999).

Ai fini della presente ricerca questi processi sono di grande importanza: la presenza di una data specie animale in un dato ambiente dipende dal fatto che questa specie percepisce l'ambiente (e le differenze nell'ambiente) che lo circonda e lo utilizza (o lo evita) in relazione alle proprie esigenze di nutrizione, ricovero e riproduzione. Si indica con *estensione* la scala più piccola dell'eterogeneità a cui un organismo risponde; a scala ancora più piccola (minor dettaglio) l'organismo non risponde in quanto le strutture/informazioni non incrementano le conoscenze che gli sono necessarie e quindi costituisce uno spreco di energia (KOTLIAR e WIENS 1990). Ad una scala di dettaglio diventa importante la *grana*, ossia la scala più grande a cui l'organismo risponde alla struttura della *patch*; a scala ancora più grande (maggior dettaglio) l'organismo non risponde a (non percepisce) nessuna struttura che possa effettivamente esistere (KOTLIAR e WIENS 1990) in quanto inutile alla sua sopravvivenza.

I. Biodiversità e configurazione del paesaggio forestale attraverso le scale spaziali[§]

Paola Mairota¹, Guido Tellini Florenzano² e Pietro Piussi³

Accettato il 3 marzo 2006

Riassunto – La prima parte del lavoro si riferisce ad un'analisi ecopaesistica condotta a differenti scale spaziali allo scopo di comprendere i possibili effetti della gestione forestale alle scale spaziali più piccole. Partendo da alcuni principi della Teoria gerarchica degli ecosistemi e della *Landscape ecology* si è considerato che la configurazione spaziale delle risorse ad ogni livello di scala dipende da fattori i cui domini spazio-temporali sia più grandi sia più piccoli di quelli entro cui esse sono fruibili. Le proprietà strutturali e funzionali dei singoli elementi del paesaggio dipendono sia da quelle delle loro componenti (che possono essere studiate a scale di maggior dettaglio) sia da quelle del contesto paesistico nel suo complesso. Inoltre le relazioni delle singole specie con le componenti del loro habitat dipendono da fattori che variano con la scala. Pertanto è stato individuato un *set* di scale spaziali pertinente con la gestione forestale. Per ciascun livello della gerarchia delle scale, usando gli uccelli come bioindicatori, è stata descritta la configurazione delle risorse ed evidenziati i mutui rapporti di congruenza e le implicazioni funzionali per il mantenimento della biodiversità nel paesaggio. Si è rilevato che processi di tipo socioeconomico che attengono livelli relativamente alti della gerarchia delle scale spaziali (regionale, gestione del territorio) hanno avuto esiti sulla configurazione del paesaggio anche a scale più grandi (vegetazione, singolo bosco). I cambiamenti del paesaggio in definitiva si sono riverberati attraverso le scale spaziali con esiti negativi alle scale più grandi in termini di qualità ambientale. Ciò è evidenziato dai valori bassi e medio bassi degli indicatori di biodiversità riferiti alla componente ornitica della comunità biotica (indici di rarità e di qualità ambientale) che assumono invece valori più elevati nelle aree caratterizzate da un maggior grado di eterogeneità spaziale. Nella seconda parte del lavoro sono state confrontate la prospettiva del tecnico forestale e quella degli uccelli per tentare di capire fino a che punto la percezione dell'eterogeneità del paesaggio del primo (su cui è basata la gestione) comprenda la percezione delle risorse e degli habitat da parte degli uccelli. Si è indagato anche sulle differenze nelle modalità di risposta di differenti categorie di specie (migratori-non migratori, *area-resource limited*) alla configurazione delle risorse alle varie scale. Si è visto che la percezione del forestale e quella degli uccelli coincidono quando si faccia ricorso ad un *set* di specie, piuttosto che ad una singola specie e che in effetti le caratteristiche della configurazione spaziale utilizzate dalle diverse specie di uccelli alle diverse scale sono tipiche per ciascuna categoria di specie.

Parole chiave: *biodiversità, scale spaziali, bioindicatori, configurazione spaziale, limiti della percezione.*

Abstract – *Biodiversity and forest landscape configuration across spatial scales.* In the first part of this work a multiple scale landscape ecological analysis was carried out to assess how forest management can affect biodiversity at the small scale (low resolution). The rationale of the work is based on principles of Hierarchical ecosystem theory and of Landscape ecology. It was considered that spatial configuration of resources at each level of scale depends on factors with both larger and narrower space-time domains. Individual landscape elements both structure and properties depend on those of its components (that can be detected at larger scales, high resolution) and on those of the landscape context (at a smaller scale). Moreover individual species relationship with their habitat components depend on factors that are different at each scale. Therefore a hierarchical set of spatial scales was defined that was relevant to forest managers perspective. For each level of scale, using birds as bioindicators, resource spatial configuration was described paying attention to their mutual consistency, and implications were highlighted that are functional to maintain landscape biodiversity. It was found that socio-economic processes attaining to relatively high levels of the scale hierarchy (regional, land management) have resulted in spatial explicit landscape changes at lower levels of scale (vegetation, forest stand). Such landscape changes ultimately reverberate at the large scale in terms of decline of environmental quality. This is shown by the relatively low values of biodiversity indicators relevant to the ornithic component of biotic community (rarity and environmental quality index) which instead are higher in more heterogeneous parts or the study area. In the second part of the work forest managers' and birds' landscape perspective were compared and an attempt was made to assess whether forest managers' perception limits of landscape heterogeneity (on which management is based) encompass the limits of birds' resource-habitat perception and to gain insights on how different birds categories (migrant vs. non migrant; area vs. resource limited) respond to spatial configuration at different scales. It was found that forest managers' perception limits of landscape heterogeneity (on which management is based) encompass the limits of birds' resource-habitat perception, as long as a composite set of species is considered rather than a single species. Moreover, landscape configuration features selected at different scales appear to be different for each different bird category.

Key words: *forest management, spatial scales, bioindicators, spatial configuration, perception limits.*

F.D.C. 62: 180: 907

Introduzione

È stata condotta un'analisi delle configurazioni

spaziali del paesaggio integrata con l'uso di bioindicatori, costituiti in questo caso dall'avifauna, e basata

[§] La ricerca è stata svolta congiuntamente e in parti uguali dai tre Autori.

¹ Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali, Facoltà di Agraria Università degli Studi di Bari, via Amendola 165/A 70126 Bari p.mairota@uniba.it

² DREAM Italia, via dei Guazzi 31, I-52013 Poppi (AR) tellini@dream-italia.it

³ DISTAF Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Firenze, via S. Bonaventura 13 50145 Firenze pietro.piussi@unifi.it

sulla teoria gerarchica degli ecosistemi e sui principi dell'ecologia del paesaggio. L'approccio analitico è stato di tipo *multiscalare-gerarchico* perché:

- a. il concetto di scala, come quello stesso di configurazione spaziale delle risorse, non è estraneo alla nozione di biodiversità;
- b. la gestione del territorio finalizzata anche alla conservazione della biodiversità richiede proprio un'impostazione pianificatoria integrata e multi-scalare, in cui le strategie e gli interventi gestionali ad ogni scala operativa superino la dimensione settoriale e siano congruenti attraverso le scale spaziali;
- c. la configurazione spaziale delle risorse è influenzata da fattori che hanno domini spazio-temporali sia più ampi sia più ristretti, ovvero la struttura interna e le proprietà di ogni elemento paesistico sono dipendenti da quelle delle sue componenti (individuabili ad una scala più grande, come la densità del bosco o le dimensioni dei singoli alberi) e da quelle del contesto paesistico (mosaico o matrice) che lo contiene (scala più piccola, come la forma dei singoli appezzamenti di bosco);
- d. le relazioni di ogni specie con le componenti dell'habitat dipendono da fattori differenti ad ogni scala;
- e. nella dimensione territoriale la biodiversità dipende dalla continuità ecologica del paesaggio.

Di conseguenza da un punto di vista sia strutturale sia funzionale, si è fatto riferimento ad un *range* caratteristico di scale. I limiti (superiore e inferiore) di tale *range* corrispondono ai limiti della percezione delle risorse (estensione e grana) da parte di un organismo.

La prima parte della ricerca (MAIROTA e PIUSSI 2001) ha riguardato prevalentemente gli aspetti strutturali relativamente alla percezione della continuità ecologica del paesaggio da parte del selvicoltore (visto come un organismo nel sistema).

Successivamente si è fatto il tentativo (MAIROTA *et al.* 2002) di verificare, da un punto di vista più mirato agli aspetti funzionali e in una zona poco distante ma simile per quanto riguarda la vegetazione (Monterufoli, provincia di Pisa) l'approccio della prima parte della ricerca. Questa seconda parte della ricerca ha avuto lo scopo di mettere a confronto la prospettiva del gestore forestale e quella degli uccelli relativamente alla configurazione spaziale delle risorse, e precisamente

la presenza e distribuzione delle *patch* alle diverse scale nell'ambito del territorio oggetto dello studio. Si è fatto cioè un tentativo di capire se la percezione dei limiti della eterogeneità del paesaggio da parte del tecnico forestale include "automaticamente", per quanto inconsapevolmente, i limiti della percezione di risorse e/o di habitat da parte degli uccelli. Si è inoltre cercato di capire se ed in quale modo specie di uccelli appartenenti alle diverse categorie rispondono alla configurazione spaziale a scale diverse.

Metodi e materiali

Sia la ricerca sugli aspetti strutturali sia quella sugli aspetti funzionali sono state condotte utilizzando da un lato la cartografia di forme di uso del suolo alle diverse scale e dall'altro (limitatamente ai livelli gerarchici superiori a quello della gestione forestale) le carte di distribuzione degli uccelli ricavate dalla letteratura.

Più precisamente si è utilizzato il materiale seguente:

- a. scala continentale: carte che descrivono la frammentazione della copertura forestale in Europa e Asia ricavate dalla elaborazione di altre carte tematiche (RIITERS *et al.* 2000);
- b. scala sub-continentale (penisola italiana): carta delle aree "naturali", carte della ricchezza di specie (MASSA 1982; MESCHINI e FRUGIS 1993; BATTISTI e CONTOLI 1995), carta nazionale della biopermeabilità (AUTORI VARI 1997)
- c. scala regionale: Corine Land Cover (1992) e carta delle aree protette in Toscana (REGIONE TOSCANA 2000);
- d. scala di bacino: carta forestale della Toscana (REGIONE TOSCANA 1999).

Questa cartografia è stata posta a confronto con le carte della distribuzione degli uccelli prodotte da PETERSON *et al.* (1983), TELLINI FLORENZANO *et al.* (1997) e con i rilievi diretti per la valle del fiume Cecina (TELLINI FLORENZANO 1996).

Per la scala di dettaglio (ossia a scala maggiore di quella di gestione forestale) si sono prodotte carte in ambiente GIS (Arcview®), mediante banche dati esistenti sia per la copertura forestale costituite dal PdG informatizzato da DREAM Italia (1994) in formato MapInfo® e tradotto in ArcView® dal dott. Fabrizio Ferretti, integrate con le banche dati sull'avifauna.

La ricerca è stata svolta per i livelli di inquadra-

mento superiori (sub-continentale, regionale, territoriale), con procedimento qualitativo e per i livelli operativi (gestionale, vegetazionale, selvicolturale), con procedimento semi-quantitativo. A livelli inferiori la diversità spaziale è stata valutata mediante diagrammi di importanza-diversità e/o l'indice di diversità di SHANNON (ODUM 1983).

In particolare, per gli scopi della prima parte della ricerca, tali limiti sono stati individuati rispettivamente nel livello sub-continentale e nel livello selvicolturale. I limiti superiori (estensione) ed inferiori (grana) di questo range corrispondono appunto ai limiti delle foreste (la risorsa) così come vengono percepiti dal tecnico forestale (l'organismo). Intermedi ed innestati rispetto a questi sono stati individuati altri tre livelli (regionale, territoriale e vegetazionale) che completano il *set* (spettro) di scale idoneo a descrivere la gerarchia della *patchiness* (ossia del modo con cui le *patch* sono distribuite) attinente alla gestione forestale (Tavola 1, in allegato).

Nella prima parte della ricerca per gli uccelli sono stati utilizzati l'indice di importanza ornitologica (numero di specie rare e di specie minacciate di estinzione) e quello di qualità ambientale (condizioni adatte a specie ornitiche specialiste) considerati dal PdG tra gli attributi di ciascuna Unità di Gestione (UdG).

Nella seconda parte della ricerca si è scelto di incrementare i livelli intermedi della gerarchia della *patchiness* per cogliere meglio le differenze tra le categorie di uccelli utilizzate. Il *range* di scale spaziali scelto per descrivere la gerarchia della *patchiness* rilevante per la gestione forestale (*attribute scale*) ha incluso così sette livelli innestati uno nell'altro che vanno da quello

sub-continentale a quello di soprassuolo (Tavola 1, in allegato), e precisamente il subcontinente (in questo caso la penisola italiana), la regione, il bacino, l'area di gestione (ossia la sezione dei PdG) il tipo di vegetazione, la tecnica selvicolturale ed i caratteri interni ad un tratto di bosco sottoposto da un dato intervento (livello infra-selvicolturale, ossia la composizione e la struttura spaziale del soprassuolo).

Nella seconda parte della ricerca si è fatto riferimento alla distribuzione di un gruppo di specie ornitiche che comprendeva due ampie categorie e precisamente specie con limiti definiti dalla disponibilità di risorse (*resource limited*) e specie con limiti definiti dalle dimensioni minime dell'area che fornisce l'habitat idoneo (*area limited*) (cfr. CARIGNAN e VILLARD 2002); a loro volta entrambe le categorie sono state ulteriormente suddivise (sottocategorie) in migratori e non migratori, in relazione alla loro modalità di presenza nel territorio di studio (Tabella 1).

Risultati

Risultati (prima parte)

I risultati dell'analisi ecopaesistica, sono riassunti nella Tabella 2 che riporta anche, per ciascun livello, le informazioni relative alle fonti cartografiche utilizzate.

Le Figure 1 e 2 evidenziano rispettivamente gli "spazi biopermeabili" nella penisola italiana, le aree con vincoli e la localizzazione di spazi con interesse naturalistico nella Regione Toscana, la localizzazione del complesso gestionale della Comunità Montana delle Colline Metallifere rispetto ai bacini regionali,

Tabella 1 – Set di specie ornitiche scelte come bioindicatori.
Set of bird species used as bioindicators.

Categoria	Specie	Area minima richiesta dalla coppia nidificante*	Tipi di habitat primario*	Siti di nidificazione*	Necessità di habitat nell'ambito dell'home range*	Modalità di presenza nell'area di studio	Interesse per la conservazione
a <i>resource limited</i>	Succiacapre <i>Caprimulgus europaeus</i>	< 10 ha	garighe boschi di conifere	suolo (garighe)	mosaico di vegetazione praterie corsi d'acqua	migratore	si
b <i>area limited</i>	Biancone <i>Circaetus gallicus</i>	> 100 ha	boschi di latifoglie boschi di conifere macchie garighe	alberi (boschi aperti)	mosaico di vegetazione alberi alti spazi aperti	migratore	si
c <i>resource limited</i>	Picchio rosso maggiore <i>Picoides major</i>	< 10 ha	boschi di latifoglie boschi di conifere	cavità negli alberi e alberi morti	in ambiente mediterraneo boschi maturi	non- migratore	no
d <i>area limited</i>	Gheppio <i>Falco tinnunculus</i>	10-100 ha	boschi di latifoglie boschi di conifere macchie garighe	fabbricati alberi	aree agricole aperte	non- migratore	no

* Fonte: TUCKER e EVANS 1997.

mentre la Figura 3 mostra la ripartizione del territorio di studio nei sottobacini di afferenza.

Dall'esame dei rapporti spaziali tra le entità riportate nelle suddette carte, appare che l'ambito delle Colline Metallifere, con particolare riferimento alle

sezioni del piano di gestione forestale considerate, riveste una significativa valenza connettiva tra le zone collinari interne e quelle pianeggianti costiere, confermata dalle distribuzioni regionali di molte specie di uccelli che presentano in quest'area nuclei di

Tabella 2 - Sintesi dei risultati.
Synopsis of results.

Livello	Informazioni utilizzate spaziale	Caratteristiche della configurazione significative per la biodiversità	Implicazioni funzionali	Implicazioni funzionali evidenziate/confermate attraverso i bioindicatori
Sc	I Carta degli spazi biopermeabili d'Italia (AA.VV., 1997) Carte di distribuzione della ricchezza di specie (Massa 1982; Meschini e Frugis 1993; Battisti e Contoli, 1995)	Area di studio compresa in un vasto e compatto nucleo di naturalità disgiunto da quello più vasto e continuo costituito dalla fascia appenninica	Valenza di elemento <i>source</i> , da cui dipendono i processi distributivi delle popolazioni animali	L'area è caratterizzata da elevati valori dell'indice di ricchezza di specie di uccelli e roditori ed è inoltre ubicata lungo la direttrice della rotta migratoria di molti rapaci tra cui il biancone.
R	I Carte di preparazione del SIT Regione Toscana (Trevisani, 1998) Tavola illustrativa n. 2 del Piano di Indirizzo Territoriale della Regione Toscana (www.regione.toscana.it) Corine Land Cover (1992) Carte di distribuzione regionale degli uccelli presenti/nidificanti nel complesso demaniale (Tellini Florenzano <i>et al.</i> 1997)	Territorio della CM ubicato all'incrocio di tre bacini idrografici regionali e caratterizzato da un pattern di drenaggio orientato radialmente in tutte le direzioni, denso e articolato. La posizione relativa dell'area di studio rispetto ai parchi nazionali, alle aree protette, ai siti Bioltaly, alle aree di reperimento per l'avvio di processi istitutivi evidenzia l'importanza dell'ambito di studio per la coesione spaziale di tali aree. Area di studio compresa in una matrice paesistica di tipo forestale compatta e poco porosa.	Valenza connettiva (ambito di snodo) tra le zone collinari interne e quelle pianeggianti costiere rispetto alle dinamiche distributive delle popolazioni animali in relazione al ruolo connettivo di spartiacque e fasce riparali.	Le distribuzioni regionali di molte specie di uccelli che presentano nell'area di studio nuclei di distribuzione centrali confermano la valenza connettiva indicata.
T	I Tavola illustrativa n. 2 del Piano di Indirizzo Territoriale della Regione Toscana (www.regione.toscana.it) Carta della vegetazione forestale della Toscana (Arrigoni e Menicagli 1999) Carte di preparazione del SIT Regione Toscana (Trevisani 1998) Carta dei sottobacini* Carte di distribuzione degli uccelli presenti/nidificanti nel complesso demaniale**	Si riconosce una matrice forestale costituita da boschi di latifoglie, di conifere e misti fortemente porosa per la presenza di patch estese (sviluppate nella direzione nord-sud) costituite da macchia mediterranea e garighe. Tale matrice comprende e caratterizza le numerose aree protette e siti Bioltaly che circondano il complesso demaniale. Si evidenzia la valenza di interconnessione geografica tra l'ambito collinare e quello costiero dei corsi d'acqua Cornia e Pecora.	Il complesso demaniale è di importanza fondamentale per la unitarietà di una matrice paesistica molto estesa ed interconnessa, attraverso vegetazione e corsi d'acqua, ad ambiti territoriali con caratteristiche simili.	La interconnessione tra ambito collinare e costiero è evidenziata anche dalla presenza nell'area di specie (tra le altre gruccione, assiolo, tottavilla, barbaggianni) la cui distribuzione regionale è ripartita tra tali ambiti.
G	O Carta delle forme di copertura del suolo (ambienti forestali e non forestali)* Carte di distribuzione degli uccelli presenti/nidificanti nel complesso demaniale**	Matrice paesistica di tipo forestale compatta e poco contrastata per la forte dominanza areale delle formazioni di latifoglie (governate a ceduo) la cui continuità spaziale è interrotta solo da poche, esigue e disperse patch di arbusteti, macchie xerofile e fustaie di conifere. Si evidenzia la presenza degli esiti spaziali di processi di frammentazione di matrici paesistiche omogenee (perforazioni, erosioni e dissezioni) di cui è significativa la tipologia e la disposizione spaziale. (rimboschimenti e cesse)	Si colgono indicazioni circa la possibile tendenza evolutiva di questo paesaggio. Si ipotizza che ad una prima fase di espansione dell'agricoltura a spese del bosco (perforazioni ed erosioni) sia seguita una fase più o meno prolungata e/o ancora in atto di abbandono (incolti) con conseguente avvio del processo spontaneo della formazione di nuovi boschi (arbusteti, macchie xerofile), e (insieme) una fase di gestione forestale più intensiva	La valenza funzionale delle forme di copertura, comprese quindi anche quelle non forestali (coltivi, incolti e pascoli), è evidenziata dalle relazioni spaziali tra queste e le specie ornitiche nidificanti e prioritarie - classificate in base a tali relazioni*** - che sostanzialmente confermano quanto noto in letteratura circa i <i>landscape requirements</i> nell'ambito dell' <i>home range</i> di ogni specie.

C=continentale; R=regionale; T=territoriale; G=gestionale; V=vegetazionale; S=selviculturale. I=inquadramento; O=operativo. * estratte dal GIS; ** estratte dal GIS integrato con i dati relativi alle specie ornitiche. *** ubiquitarie; legate prevalentemente ad ambienti non forestali; legate prevalentemente ad ambienti non forestali confinanti o interni ad aree con copertura forestale; legate prevalentemente ad ambienti forestali ubicati al margine della matrice e/o confinanti/contenti aree con copertura non forestale; con esigenze particolari (mosaico forestale contrastato); legate prevalentemente ad ambienti forestali di interno della matrice.

segue dalla pagina precedente
continues from previous page

Livello	Informazioni utilizzate spaziale	Caratteristiche della configurazione significative per la biodiversità	Implicazioni funzionali	Implicazioni funzionali evidenziate/confermate attraverso i bioindicatori
V	O Carta della distribuzione dei tipi vegetazionali* Carta dei sottobacini* Carte di distribuzione degli uccelli presenti/nidificanti nel complesso demaniale**	Si evidenzia la presenza di un mosaico paesistico che rispetto alla matrice è l'espressione della eterogeneità spaziale del paesaggio e della maggiore complessità della sua configurazione spaziale Ad un livello di maggior dettaglio e considerando la ripartizione delle sezioni assestamentali in ambiti fluviali di afferenza (bacini del Cornia e del Pecora), una configurazione a mosaico si riscontra nella sezione G (ambito del Cornia) e nella sezione F (ambito del Pecora); mentre una configurazione del tipo matrice si riscontra nella sezione E (ambito del Pecora e del Cornia), quest'ultima ubicata centralmente al complesso in esame.	La complessità della configurazione spaziale che emerge a questa risoluzione, rappresenta l' <i>underlying landscape rationale</i> di questo ambito paesistico, e, quindi, la condizione ad esso inerente, da assecondare per la conservazione della biodiversità Si evidenzia anche la funzione di raccordo territoriale interno (spartiacque Pecora/Cornia e valle del Pecora) al complesso dell'ambito di destra idrografica del fiume Pecora (sezione E)	Alcune delle specie ornitiche legate prevalentemente ad ambienti forestali o con particolari esigenze evidenziano una localizzazione specifica rispetto ai sottobacini e/o al pattern del reticolo idrografico: tottavilla e fanello sono localizzate esclusivamente nell'ambito territoriale del fiume Cornia. Il gruccione preferisce le stazioni in sinistra idrografica di entrambi i fiumi ubicate in corrispondenza degli elementi di maggiori dimensioni del reticolo idrografico. L'averla cenerina (ambito del fiume Pecora) sembra preferire corsi d'acqua di ordine maggiore. Tra le specie legate prevalentemente ad ambienti non forestali la cappellaccia e soprattutto il calandro sono localizzati nell'ambito del Pecora, anch'esse in corrispondenza della stessa tipologia di corsi d'acqua. Alla tipologia selvicolturale del ceduo invecchiato corrispondono (in una scala da 1 a 4) valori bassi o medio bassi dell'indice di rarità; valori da medio alti ad alti si riscontrano per tali formazioni solo per UdG prossime a ecotoni o elementi di porosità della matrice. Valori "alti" sono più frequenti nell'ambito di afferenza al fiume Cornia, mentre i valori più bassi si localizzano nelle zone prossime alla valle del Pecora. L'ambito del Cornia (sezione G) è quello in cui prevalgono i valori più alti dell'indice di qualità ambientale. La parte di questo stesso ambito ricadente nella sezione E, invece presenta valori medio-bassi di tale indice. L'ambito in sinistra idrografica del fiume Pecora presenta vaste zone interessate da valori medio bassi di tale indice intervallate da aggregazioni di UdG con valori medio alti dello stesso. L'ambito in destra idrografica del fiume Pecora (sezione F) invece è contraddistinto da valori medio bassi.
S	O Carta degli usi del suolo* Carta della porosità e degli ecotoni* Carta degli indici di rarità e qualità ambientale**	Matrice paesistica fortemente omogenea e relativamente poco porosa e con ecotoni di tipo forestale, dominata dalle formazioni di sclerofille governate a ceduo in passato e non più coltivate. Forte dominanza del tipo vegetazionale Ericeto a <i>Arbutus unedo</i>	Gli elementi paesistici che determinano porosità "grossa" della matrice nella sezione E sono maggiormente rappresentati da prati-pascolo, tipologia che insieme a quella delle macchie xerofile e degli arbusteti risulta importante dal punto di vista della conservazione dell'avifauna. Nella sezione G una porosità più "fine" è determinata fustaie di conifere che hanno sostituito spazialmente ma non funzionalmente gli ambienti suddetti. L'importanza degli ecotoni si manifesta alla scala territoriale da una parte ai fini della della continuità tra il complesso in esame e la matrice forestale che lo contiene, dall'altra a i fini dell'attenuazione del contrasto tra la matrice forestale stessa ed altri elementi paesistici.	Alla tipologia selvicolturale del ceduo invecchiato corrispondono (in una scala da 1 a 4) valori bassi o medio bassi dell'indice di rarità; valori da medio alti ad alti si riscontrano per tali formazioni solo per UdG prossime a ecotoni o elementi di porosità della matrice. Valori "alti" sono più frequenti nell'ambito di afferenza al fiume Cornia, mentre i valori più bassi si localizzano nelle zone prossime alla valle del Pecora. L'ambito del Cornia (sezione G) è quello in cui prevalgono i valori più alti dell'indice di qualità ambientale. La parte di questo stesso ambito ricadente nella sezione E, invece presenta valori medio-bassi di tale indice. L'ambito in sinistra idrografica del fiume Pecora presenta vaste zone interessate da valori medio bassi di tale indice intervallate da aggregazioni di UdG con valori medio alti dello stesso. L'ambito in destra idrografica del fiume Pecora (sezione F) invece è contraddistinto da valori medio bassi.

C=continentale; R=regionale; T=territoriale; G=gestionale; V=vegetazionale; S=selvicolturale. I=inquadramento; O=operativo. * estratte dal GIS; ** estratte dal GIS integrato con i dati relativi alle specie ornitiche. *** ubiquitarie; legate prevalentemente ad ambienti non forestali; legate prevalentemente ad ambienti non forestali confinanti o interni ad aree con copertura forestale; legate prevalentemente ad ambienti forestali ubicati al margine della matrice e/o confinanti/contenti aree con copertura non forestale; con esigenze particolari (mosaico forestale contrastato); legate prevalentemente ad ambienti forestali di interno della matrice.



Figura 1 – Livello sub-continentale: carta degli “spazi bio-permeabili” d’Italia (AA.VV., 1997).
 Sub-continental level: map of “biopermeable” spaces in Italy.

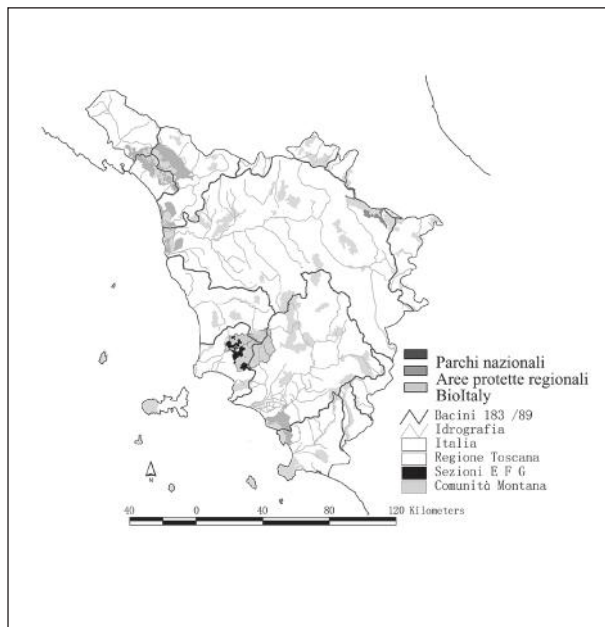


Figura 2 – Livello regionale: quadro dei vincoli e degli ambiti d’interesse naturalistico (PIT, www.regione.toscana.it).
 Livello territoriale: localizzazione del complesso gestionale rispetto alla CM e ai bacini regionali di afferenza.
 Regional level: map of constraints and of areas of interest for conservation (PIT www.regione.toscana.it).
 Territorial level: location map of the management estate with respect to Comunità Montana and to regional catchment.

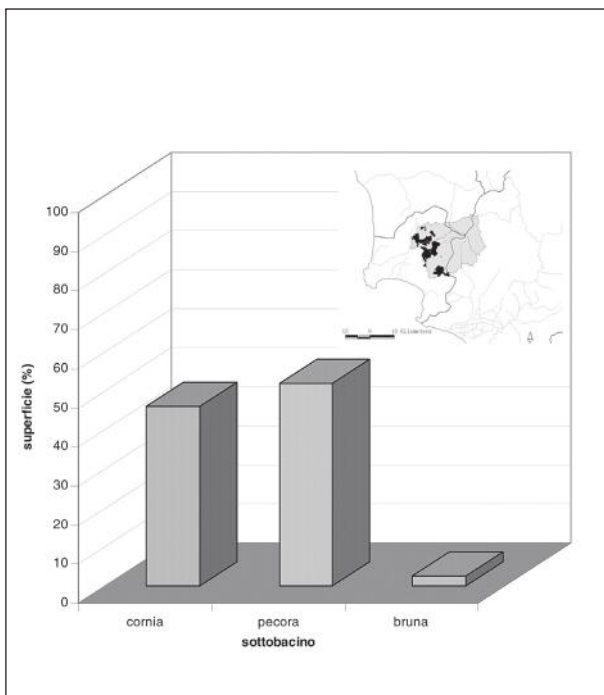


Figura 3 – Livello territoriale: localizzazione del complesso gestionale rispetto alla comunità montana e ai sottobacini regionali e distribuzione della superficie negli ambiti fluviali di afferenza.
 Territorial level: location map of the management estate with respect to Comunità Montana and to regional sub-catchment and distribution of area by subcatchment.

distribuzione centrali (Figura 4). Ciò nonostante l’area studiata non è compresa in alcuna delle categorie di aree protette della regione, né classificata come sito BioItaly, benché centrale rispetto ad un numeroso gruppo di questi (Figura 2), e solo in parte incluso tra le aree di cui alla L.R. n. 49 del 11 aprile 1995 “Norme sui parchi, le riserve naturali e le aree naturali protette d’interesse locale (Figura 2).

A scala di dettaglio si sono valutate le caratteristiche della copertura forestale che costituisce la matrice del paesaggio. Tale matrice, anche perché costituita in prevalenza da vegetazione del tipo Ericeto a *Arbutus unedo* (67%) e Lecceto a *Fraxinus ornus* (29%), presenta caratteri di omogeneità, compattezza e scarso contrasto (Figura 5). Le implicazioni funzionali derivanti da tali caratteri sono evidenziate, alle scale inferiori, dai valori bassi e medio bassi degli indicatori di biodiversità prescelti e relativi alla componente ornitica della comunità biotica (indici di rarità e di qualità ambientale) e confermate dalla occorrenza di valori più elevati degli stessi indicatori nelle aree caratterizzate da un maggior grado di eterogeneità spaziale (Tavola 2, in allegato). Questi risultati potrebbero suggerire che il ripristino del regime culturale a ceduo,

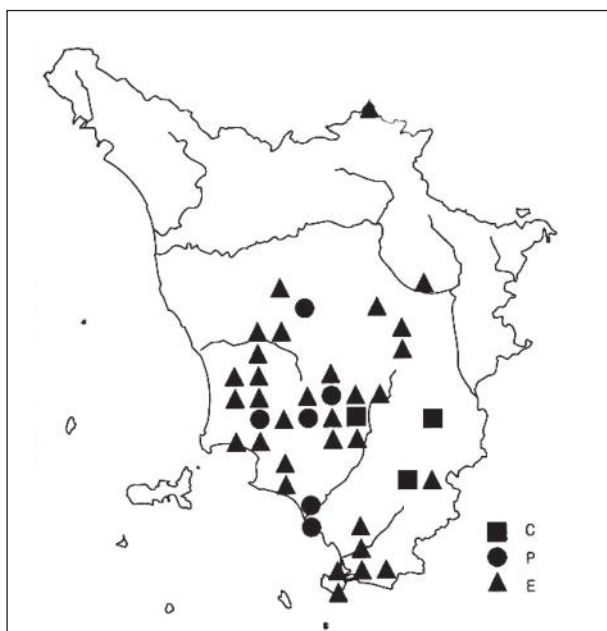


Figura 4 – Livello regionale: distribuzione del Biancone (TELLINI *et al.*, 1997). C= nidificazione certa; P= nidificazione probabile; E= nidificazione possibile.
Regional level: distribution of Short-toed Eagle(TELLINI *et al.*, 1997). C= certain nesting; P= probable nesting; E= possible nesting.

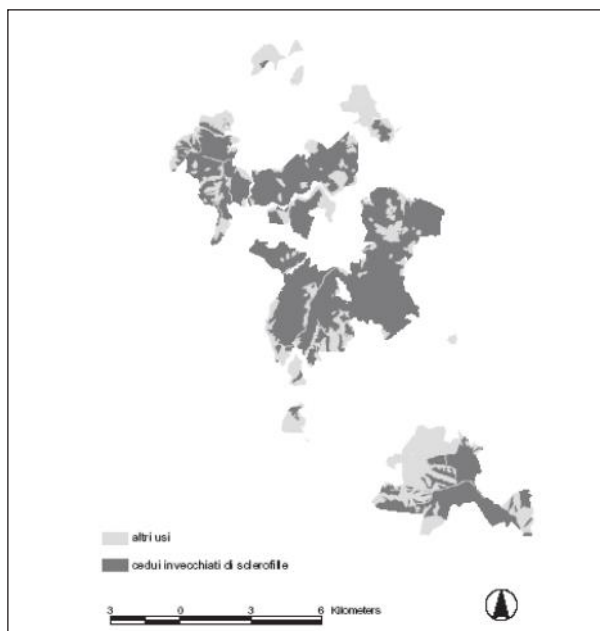


Figura 5 – Livello gestionale: matrice del paesaggio forestale.
Management level: forest landscape matrix.

agendo sulla ampiezza e disposizione delle tagliate e sulla matricinatura, possa fornire un contributo per il mantenimento di livelli più elevati di biodiversità, sebbene rimanga da chiarire il ruolo svolto dalle tagliate come “surrogati” di ambienti in via di scomparsa a livello regionale (coltivi, pascoli).

Risultati (seconda parte)

I risultati, riassunti nella Tabella 3 e nella Figura 6, evidenziano come la percezione dei limiti della diversità del paesaggio da parte del tecnico forestale (ad esempio i limiti di un dato tipo di bosco oppure i limiti di una tagliata), che è alla base della gestione del bosco, includa i limiti della percezione che gli uccelli hanno di risorse e di habitat.

Infatti, per tutte le specie selezionate per le categorie, lo spettro dei livelli gerarchici in cui si articolano i rispettivi limiti della percezione del paesaggio, è compreso entro quello di riferimento per il tecnico forestale. In particolare entrambe le specie *area limited* fanno una scelta dell'habitat ricevendo informazioni dal più alto livello della gerarchia di scala, mentre quelle *resource limited* basano la loro scelte su informazioni che emergono dai livelli di scala inferiori. Le prime, infatti discriminano attraverso la

configurazione del territorio, che riguarda una scala più piccola, riconoscendo per esempio i confini dell'area boscata o della tagliata, mentre le seconde si basano su caratteri più fini, pertinenti a scale maggiori, quali per esempio la struttura della vegetazione ed il suo stadio di sviluppo.

Inoltre, a ciascun livello di scala corrispondono specifici attributi della configurazione del paesaggio attraverso cui tutte le specie (ognuna con le modalità specie-specifiche) discriminano gli ambienti idonei da quelli non idonei. Alla scala regionale infatti le specie discriminano attraverso la tipologia della matrice paesistica; alla scala di bacino gli attributi su cui si basa la selezione sono la *porosità* (numerosità delle *patch* in una matrice) e il *contrasto* (livello di gradualità nel passaggio tra due aree ai limiti della matrice) della matrice; alla scala della gestione forestale la scelta, influenzata dal tipo di copertura del suolo, avviene attraverso il riconoscimento dei confini tra le forme di uso del suolo e degli ecotoni; al livello vegetazionale gli animali sono in grado di cogliere le differenze compositive tra le formazioni vegetali; al livello selvicolturale selezionano mediante attributi riconducibili alla forma di governo (presente e passata); al livello infra-selvicolturale si basano su

Tabella 3 - Limiti della percezione e modalità della differenziazione graduale dei bioindicatori.
Perception limits and modes of gradual differentiation of bioindicators.

Categoria	Specie	Livello gerarchico/Scala						
		1 sub-continente 100-500 Km	2 regione 50-100 Km	3 bacino 10-50 Km	4 gestione forestale 1-10 Km	5 vegetazione 0,5-1 Km	6 selvicoltura 0,1-0,5 Km	7 infra-selvicoltura 0,1 Km
a resource limited	Succiacapre <i>Caprimulgus europaeus</i>			matrice forestale porosa	copertura del suolo: bosco/gariga-prateria uso del suolo: ceduo e secondariamente and altofusto in contiguità con coltivi (abbandonati), aree in erosione tipo di ecotone: bosco/spazi aperti	bosco: pinete (rimboschimento) <i>melico quercetum cerridis orno quercetum ilicis cephalothero-quercetum ilicis</i> gariga <i>armerio-alysetum</i>	bosco: macchia alta perticaie cedui in abbandono culturale <i>cephalothero-quercetum ilicis</i>	bosco: stadi giovanili e intermedi densità normale o elevata altezza ridotta o media gariga bassa densità altezza ridotta
b area limited	Biancone <i>Circaetus gallicus</i>	patch di bosco in matrice non forestale	matrice forestale	matrice forestale compatta ma diversificata	copertura del suolo: bosco uso del suolo: altofusto e ceduo tipo di ecotone: bosco/spazi aperti			
c resource limited	Picchio rosso Maggiore <i>Dendrocopos major</i>				copertura del suolo: bosco uso del suolo: altofusto tipo di ecotone: transizione da tra bosco di conifere e bosco di latifoglie	pinete <i>orno quercetum ilicis cephalothero- quercetum ilicis melico quercetum cerridis</i>	perticaie	stadi intermedi e maturi densità normale o elevata altezze elevate
d area limited	Gheppio Falco tinnunculus		matrice paesistica mista forestale/ agricola	mosaico paesistico bosco/spazi aperti	copertura del suolo: bosco/prateria coltivi uso del suolo prateria coltivi tipo di ecotone: transizione tra prateria/coltivi e bosco			

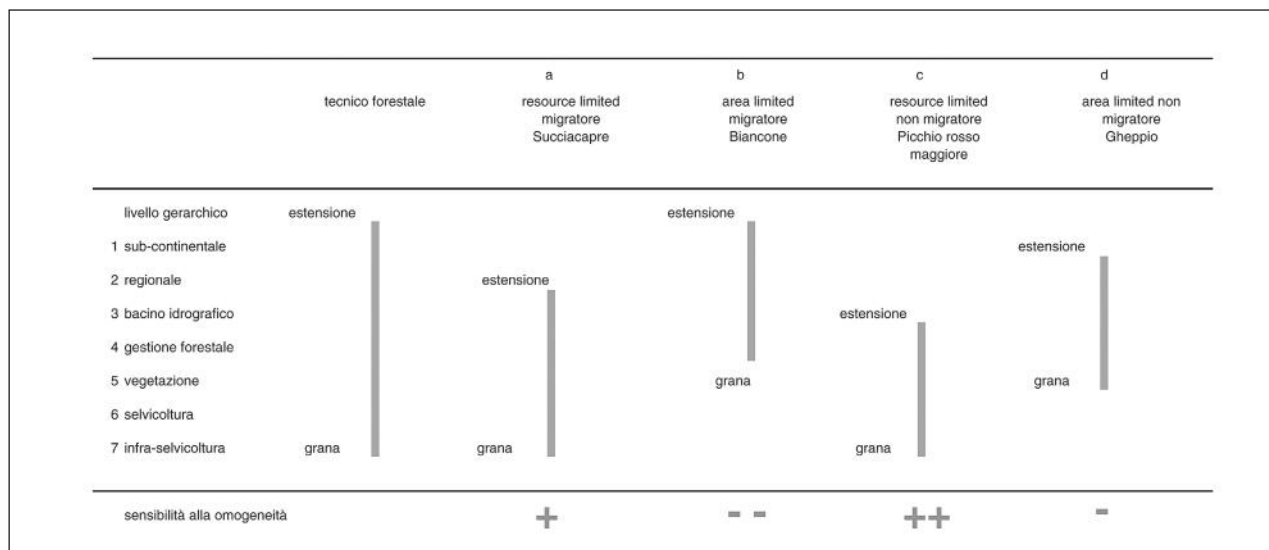


Figura 6 - Limiti della percezione delle risorse forestali da parte del tecnico forestale e degli uccelli e sensibilità alla omogeneità della configurazione spaziale delle risorse.
Perception limits of forest manager and birds and sensitivity to homogeneity of spatial configuration of resources.

caratteri della struttura dei popolamenti quali lo stadio di sviluppo, la densità e l'altezza.

Discussione

Discussione (prima parte)

I livelli di inquadramento indicano tutti la grande valenza connettiva dell'area in esame. Più precisamente si è visto che:

- 1) le aree con configurazioni più eterogenee dal punto di vista della composizione e della struttura, cui corrispondono valori più elevati dell'indice di importanza ornitologica, e di quello della qualità ambientale possono venire considerate "sistemi fragili" (NILSSON e GRELSSON 1995) ossia sistemi che verrebbero alterati, con ricadute negative per la fauna, nel momento in cui venissero attuati mutamenti nelle modalità di gestione; in questo caso, tra i numerosi elementi di mutamento, potrebbe rientrare anche la cessazione delle utilizzazioni;
- 2) esiste al livello gestionale una matrice paesistica a ceduo invecchiato di sclerofille (Figura 5), estesa e fortemente omogenea, che, insieme ai rimboschimenti di conifere, rappresenta la conseguenza sul territorio, in termini di configurazione spaziale, della cessazione delle attività agricole nelle zone marginali e l'abbandono colturale del ceduo. Tali processi hanno determinato a livelli più bassi (vegetazionale e selvicolturale) il costituirsi di alcuni caratteri strutturali della vegetazione e della configurazione spaziale degli elementi paesistici in grado di influenzare negativamente la scelta di tali aree da parte degli uccelli. Tali modificazioni si riverberano, inoltre, anche alle scale più piccole (da quella territoriale a quella regionale) sotto forma di declino della qualità ambientale e dell'importanza per l'avifauna;
- 3) le specie maggiormente sensibili rispetto alla omogeneità della matrice, ossia quelle che la rifuggono, sembrano essere quelle non ubiquitarie e con *home range* relativamente ridotti. I limiti percettivi di tali specie che ne determinano il tipo di risposta al *pattern* spaziale delle risorse (scelta ed individuazione delle componenti dell'habitat) infatti sembrano connessi proprio con il livello selvicolturale (limite superiore: estensione) e con livello infra-selvicolturale (limite inferiore: grana). Pertanto una situazione di omogeneità della matrice su vaste aree impedisce a tali specie:

- a) al livello superiore della percezione, la discriminazione degli stadi di successione della vegetazione e di quelli di crescita (stadi di età) dei cedui, necessari a queste specie entro l'*home range*;
- b) al livello inferiore della percezione, la selezione dell'habitat attraverso "indizi" forniti dalla struttura spaziale e dalla composizione del popolamento vegetale.

Le aree di cui al punto 1 si caratterizzano come "sensibili" rispetto all'abbandono colturale, che ne determinerebbe il declino in termini di ricchezza e diversità. Nel caso in esame i cedui che sono tuttora oggetto di utilizzazioni delle sezioni G ed E ricadono negli ambiti a maggiore valenza per l'avifauna.

Per quanto attiene le aree a ceduo invecchiato, dal punto di vista concettuale proprio la omogeneità vegetazionale e selvicolturale riscontrata alle due scale corrispondenti è interessante ai fini della proposizione di modelli colturali finalizzati anche alla gestione della biodiversità. Evidenze sperimentali (FULLER *et al.* 1989) indicano che la densità della copertura, in particolare di quella dello strato arbustivo, è uno dei fattori critici in grado di influenzare la composizione delle comunità di uccelli. Questa è a sua volta influenzata dall'età del popolamento rispetto al ciclo colturale. In particolare è stato dimostrato che agli stadi giovanile ed intermedio del ceduo (gli Autori citati considerano un turno di 12-14 anni) corrispondono sia densità maggiori delle singole popolazioni di uccelli canori migratori, molti dei quali legati ad una gestione attiva del bosco ceduo (tra quelli considerati ci sono, per esempio, la Tottavilla e il Succiacapre), sia valori di ricchezza più elevati rispetto a quelli riscontrati negli stadi più maturi del ceduo. In particolare la densità totale di questi uccelli, molto bassa nei primi anni dopo il taglio e negli anni successivi alla chiusura delle chiome, è risultata massima nei periodi intermedi. Dati aneddotici sembrano confermare che, oltre 50 anni fa, quando anche nei boschi della Toscana meridionale si applicavano turni relativamente brevi (10-15 anni), alcune specie di uccelli - oggi "espulse" totalmente dal bosco - usassero proprio questi cedui.

Anche nei cedui in cui sono cessate le utilizzazioni tali valori tendono ad essere bassi e la composizione delle comunità tende a differenziarsi in favore di specie tipicamente di interno forestale, anche se queste ultime generalmente preferiscono i boschi d'alto

fusto⁴. In relazione a ciò, si ritiene che una maggiore biodiversità potrebbe essere favorita da una ripresa delle utilizzazioni, pianificata nello spazio e nel tempo, che favorisca la eterogeneità della matrice paesistica. Attraverso la ceduzione, infatti, si ottiene una diversificazione sia nella dimensione orizzontale o corologica (livello selvicolturale) sia in quella verticale o topologica (livello infra-selvicolturale). Il regime colturale a ceduo opera proprio a questi due livelli agendo, tra le altre variabili, sull'ampiezza e disposizione spaziale delle tagliate e sulla matricinatura (densità, aggregazione spaziale).

Discussione (seconda parte)

I *pattern* di frammentazione della copertura forestale risultano essere caratteri importanti, indipendentemente dal tipo di bosco, fino alla scala di bacino per la strategia delle decisioni degli uccelli che usano questi tipi di habitat.

Le forme di gestione forestale sono determinanti

nella percezione dei limiti per entrambe le categorie di uccelli (*area limited* e *resource limited*). A questo livello, oltre al contrasto ed alla porosità, anche l'eterogeneità del paesaggio (complessità dello *spatial patterning*, ovvero la varianza spaziale) ed il tipo di ecotono, sono effettivamente influenzati dalla gestione forestale. Questi ultimi caratteri in particolare sono tra le più importanti variabili nella percezione visiva e nei processi di "differenziazione graduale" (*sensu* ANTROP 1985) attraverso i quali i singoli organismi, inclusi gli umani, compiono le scelte (specie-specifiche) relative alla selezione dell'habitat.

Ai livelli di scala di vegetazione e di selvicoltura la selezione dell'habitat è basata rispettivamente sulla composizione e sul tipo di struttura (quindi l'età nel caso del ceduo) del popolamento, mentre a livello infra-selvicolturale diventano importanti le strutture spaziali della vegetazione (quindi matricine, residui dell'utilizzazione *etc.*).

⁴Recenti evidenze sperimentali (PAPI 2001) mostrano come in alcuni querceti cedui invecchiati del Lazio, agli interventi di avviamento all'altofusto, ad un calo iniziale abbia fatto seguito un aumento dei valori di tutti i parametri di comunità (ricchezza, abbondanza, diversità, percentuale di non passeriformi) risultati superiori a quelli registrati prima dell'intervento.

II. Selvicoltura dei cedui e conservazione biologica: la costruzione di scenari ipotetici[§]

Paola Mairota¹ e Pietro Piussi²

Accettato il 3 marzo 2006

Riassunto – L'analisi paesistica svolta in un precedente lavoro (MAIROTA *et al.*, I contributo questo volume) ha messo in evidenza l'elevato grado di omogeneità strutturale e compositiva, di compattezza e da scarso contrasto della matrice del paesaggio forestale studiato, al livello selvicolturale. Da un punto di vista funzionale questo determina una basso grado di qualità ambientale. Ciò sembra suggerire che il ripristino del regime culturale a ceduo, che comporta la diversificazione delle matrici omogenee, possa favorire il conseguimento ed il mantenimento di livelli più elevati di biodiversità. Si è tentato pertanto di testare questa possibilità confrontandola, attraverso la costruzione di scenari ipotetici, con la questione della gestione forestale sostenibile dal punto di vista del soddisfacimento delle istanze socio-economiche come da quello del mantenimento degli equilibri ecologici. Per la costruzione degli scenari sono state formulate ipotesi relative a possibili differenti tattiche di gestione forestale che si articolano attraverso gradi di restrizione alla selvicoltura del ceduo, utilizzando diversi criteri (bioecologico, socio-economico, tecnico) come filtro per rispondere alle istanze indicate. L'esercizio condotto dimostra che un certo grado di eterogeneità della configurazione spaziale può essere ottenuto attraverso l'introduzione di una serie di regole alla selvicoltura del ceduo, alcune delle quali già prescritte dalle leggi vigenti, con particolare riferimento alla dimensione ed alla disposizione spaziale delle tagliate. Appare inoltre chiaro come tali regole non possano essere in alcun modo generalizzate ma debbano essere derivate anche dall'esame di altri fattori di contesto, specifici da caso a caso, sia di ordine ecologico sia di ordine socio-economico, affinché il confronto tra scenari alternativi possa effettivamente essere di supporto ad una strategia di gestione compatibile. Infine è emersa la necessità di acquisizione, in sede di pianificazione forestale, di elementi quantitativi di conoscenza circa la effettiva distribuzione nei vari habitat degli organismi animali che si potranno scegliere come indicatori di qualità/integrità ambientale e/o delle specie rare, e circa il loro successo riproduttivo in tali habitat.

Parole chiave: *scale spaziali, eterogeneità, scenario ipotetico, selvicoltura del ceduo, gestione forestale sostenibile.*

Abstract – Coppice silviculture and biological conservation: building hypothetical scenarios. The landscape ecological analysis carried out in a previous work (MAIROTA *et al.*, I contribution, this volume) has shown the high degree of structural and compositional homogeneity and the low degree of contrast of forest landscape matrix, at the silvicultural level. From the functional point of view this results in a low environmental quality. Reinstating coppicing appears as a management and silvicultural option as, by leading to homogeneous matrix diversification, it could foster the maintenance of higher biodiversity levels. Such a possibility was tested confronting it, via hypothetical scenario building, with the issue of sustainability of forest management with respect to both socio-economical and ecological instances. For scenario building hypotheses were formulated relevant to different forest management tactics by means of an iterative rule incorporation process to coppicing which are based upon a number of criteria (bioecological, socio-economical, technical). The exercise carried out demonstrates that a certain degree of landscape spatial configuration can be obtained by means of rule introduction, some of which are brought into force by current laws, with particular reference to coupes size and spatial arrangement. Yet it clearly appears as such rules can not be generalised but must be derived from the exam of other factors, case specific, both ecological and socio-economical, in order that the comparison between alternative scenario can effectively support a sustainable management strategy. Finally it has emerged the need for the gathering, within management plans, of quantitative information relevant to the actual distribution between different habitat of animal species selected as indicators of habitat quality, and/or rare ones, as well as to their breeding performances in those habitat.

Key words: *spatial scales, heterogeneity, hypothetical scenario, coppice silviculture, sustainable forest management.*

F.D.C. 62: 180: 907

Introduzione

I risultati ottenuti nella prima fase del lavoro pongono il problema di una strategia della gestione forestale calibrata sulle necessità di conservazione emergenti alla scala più vasta. Tale istanza peraltro appare in sintonia con le più recenti posizioni della

Regione Toscana in materia di conservazione della biodiversità, che nell'ambito del Piano di Indirizzo Territoriale (PIT) individua nelle "aree di collegamento ecologico" degli "ambiti territoriali indispensabili per l'efficiente funzionamento della cosiddetta rete ecologica", avvicinandosi al modello concettuale della "continuità ecologica" (WIENS 1997 e 1999) rispetto a

[§] La ricerca è stata svolta congiuntamente e in parti uguali dai due Autori.

¹ Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali, Facoltà di Agraria Università degli Studi di Bari, via Amendola 165/A 70126 Bari p.mairota@uniba.it

² DISTAF Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Firenze, via S. Bonaventura 13 50145 Firenze pietro.piussi@unifi.it

quello della “rete ecologica” (BOTANI 2000).

La prospettiva della ripresa e/o del mantenimento delle ceduazioni, in questa come in altre aree in cui il bosco ceduo è molto diffuso, si deve necessariamente porre nel contesto della gestione forestale sostenibile dal punto di vista del soddisfacimento delle istanze socio-economiche come da quello del mantenimento degli equilibri ecologici.

Per quanto riguarda il primo punto di vista nei boschi cedui, che rappresentano una importante componente del paesaggio forestale italiano, la selvicoltura può essere esercitata solo se lo stato del soprassuolo, le condizioni di viabilità, il costo e la disponibilità di manodopera e la possibilità di migliorare nel lungo periodo la produttività oppure i beni e servizi prodotti non ne restringono l'area della convenienza economica.

Per quanto riguarda il secondo punto di vista non si può prescindere dal considerare due particolari questioni e precisamente la questione della stabilità del bosco, dato che l'esercizio della selvicoltura del ceduo esercita un forte impatto sui fattori di controllo della stabilità stessa, e la questione della biodiversità, influenzata sia dall'esercizio come dalla cessazione delle attività selvicolturali.

La stabilità delle formazioni boschive nella Toscana meridionale, ed in particolare dei boschi di latifoglie, può essere minacciata da fattori diversi. Non è questa la sede per una analisi approfondita del problema e quindi si ricorderanno in breve i principali fattori di destabilizzazione, in alcuni casi interagenti: fuoco, patogeni (deperimento delle querce), tendenza all'inacidimento del clima mediterraneo. Quest'ultimo fenomeno, per il quale non sembra ora possibile definire lo sviluppo futuro, agisce direttamente sullo stato fisiologico degli alberi e quindi condiziona la loro suscettibilità ad agenti patogeni, quali per esempio *Diplodia mutila* e *Biscognauxia mediterranea*³, organismi fungini che da endofiti si trasformano in parassiti. Sembra infatti (SICOLI *et al.* 1998; ANSELMI *et al.* 2000; CELLERINO e GENNARO 2000; LUISI e LERARIO 2000) che la cessazione del regime colturale del ceduo sia da associare a tale fenomeno in quanto, comportando

l'invecchiamento dei popolamenti e la senescenza dei singoli individui, interagisce con le alterazioni metaboliche indotte da condizioni di stress idrico (dovute ad una più generale tendenza alla diminuzione delle precipitazioni in ambiente mediterraneo) ritenute predisponenti alla azione di funghi.

Relativamente al fuoco è opportuno ricordare che la riduzione della biomassa, la sua diversa distribuzione in senso verticale e l'accumulo di residui di lavorazione al suolo, conseguenze di una gestione attiva del ceduo, agiscono in modo complesso e non facilmente prevedibile sull'insorgere e l'evolversi degli incendi boschivi, ma le attività forestali, se opportunamente condotte, consentono la creazione ed il mantenimento di una rete viaria di servizio che riveste una notevole importanza per la prevenzione ed il controllo del fuoco. Una attività forestale programmata nel lungo periodo dovrebbe inoltre assicurare nel territorio la presenza di maestranze in grado di intervenire per lavori di prevenzione e di lotta contro gli incendi.

Sulla base di tali considerazioni, si sono costruiti scenari ipotetici da usare come base di discussione tra tecnici forestali, amministratori pubblici, pubblica opinione e associazioni ambientaliste, per la definizione di una strategia gestionale per la eventuale ripresa delle ceduazioni nell'area delle Colline Metallifere.

Metodi e materiali

Per la costruzione degli scenari, con i limiti dati dalla documentazione disponibile e fornita dai piani di assestamento, sono state formulate ipotesi relative a possibili differenti strategie di gestione forestale che si articolano attraverso gradi di restrizione alla selvicoltura del ceduo. I primi due scenari (1-2) sono stati rispettivamente basati sulle improbabili ipotesi della “non gestione”⁴ e della “ripresa delle ceduazioni su tutta la superficie a ceduo invecchiato di sclerofille”.

Il primo caso potrebbe, per esempio, verificarsi in conseguenza di una politica di lunghissimo termine intesa al conseguimento di stadi successionali ipoteticamente più evoluti e maturi. Il secondo caso invece potrebbe trovare applicazione in funzione di

³*Diplodia mutila* (Fr.) Mont.; *Biscognauxia mediterranea* (De Not.) O. Kuntze [= *Hypoxylon mediterraneum* (De Not.) Mill.].

⁴L'indicazione di “non gestione” è in realtà una semplificazione adottata per questo tipo di elaborazione esemplificativa; in realtà si potrebbero immaginare interventi di avviamento alla fustaia per ragioni diverse (uso turistico, esigenze di gestione faunistica, conservazione di specie arboree di particolare interesse, barriere visive etc., formazioni in zone di pertinenza delle incisioni del reticolo idrografico) ma anche abbandono colturale totale, per lo meno nel medio termine (ricerca scientifica, bassa produttività). Ai fini delle modifiche strutturali un intervento di diradamento non dovrebbe incidere sulle condizioni di ambiente adatte all'avifauna.

una politica che privilegia la produzione legnosa. In questo caso lo scenario è stato costruito assegnando casualmente tutte le UdG classificate “ceduo invecchiato di sclerofille” alle classi di età (anni da 1 a 18). Il turno è stato scelto tenendo conto delle prescrizioni della Legge Regionale Toscana (LR 2000/39) e del relativo Regolamento (Decreto del Presidente della Giunta Regionale n. 48/R). Le uniche regole imposte all’assegnazione automatica sono state quelle di rispettare una dimensione massima delle tagliate (20 ha), suddividendolo⁵, se del caso, le particelle, e la non contiguità delle stesse per tre anni silvani, imposte dallo stesso Regolamento.

Nel caso di questo scenario, come in quello degli scenari 3-6, si è ipotizzato che venga concessa l’autorizzazione necessaria per il taglio dei cedui che abbiano superato l’età di 36 anni.

Gli altri scenari (3-6), in un’ottica di gestione forestale sostenibile, sono stati basati su ipotesi più realistiche.

A partire dallo scenario 2, incrementando il livello di “supervisione” nella assegnazione delle UdG alle classi di età, sono stati introdotti, con effetto inclusivo, un serie di filtri/regole di ordine bioecologico, socio-economico e tecnico per tenere conto, oltre che degli obblighi di legge, di esigenze di conservazione delle risorse naturali, esigenze sociali generali rurali ed urbane, esigenze tecniche operative.

Le ipotesi di scenario così formulate prevedono, in modo progressivo:

- scenario 3: l’esclusione dalla rotazione di particelle con pendenza > 30%;
- scenario 4: come 3, inoltre l’esclusione di una zona di pertinenza delle incisioni del reticolo idrografico (5 m per lato⁶);
- scenario 5: come 4, inoltre la costituzione di una zona di rispetto in corrispondenza delle strade principali (5 m per lato);
- scenario 6: L’esclusione delle particelle con polloni di altezza media minore di 5 m (presumibilmente caratterizzate da bassa provvigione e fertilità) e maggiore di 9 m (presumibilmente di età elevata e quindi con una bassa densità di ceppaie ed una povertà di specie legnose).

Risultati

I risultati del lavoro svolto sono illustrati nelle Tavole 3-5 in allegato.

Nella Tavola 3, sono rappresentati i 6 scenari nella situazione a regime (18° anno dall’inizio della simulazione), mentre nelle Tavole 4 e 5 è evidenziata rispettivamente la dinamica temporale dello scenario 2 e dello scenario 6 nell’intervallo di tempo necessario per raggiungere la situazione a regime.

Si nota come lo scenario 1 sia stato rappresentato come se la configurazione della matrice rimanesse inalterata (infatti è stato usato anche nella Figura 5, MAIROTA *et al.* I contributo questo volume, per rappresentare proprio la matrice paesistica). Ciò deriva dal fatto che tale scenario non prevede modificazioni della configurazione spaziale relativamente agli stadi evolutivi del soprassuolo in quanto questi, non sono apprezzabili alla scala spaziale e temporale del piano di gestione.

Questa precisazione in realtà riguarda anche tutti gli altri scenari che evidenziano soltanto i cambiamenti della matrice derivanti dalle regole imposte ed applicate nell’ambito del dominio spazio-temporale del piano di gestione, ricordando che la risoluzione spaziale (particella/sottoparticella) corrisponde al limite inferiore di percezione dell’eterogeneità spaziale da parte del tecnico forestale.

Relativamente allo scenario 2 si nota come l’effetto della simulazione sulla configurazione spaziale della matrice sia di determinare un elevato grado di disaggregazione degli elementi che la costituiscono (stadi di crescita), nonostante una loro quasi equa ripartizione in termini di superficie, (Figura 1)⁷.

Tale elevato grado di disaggregazione, pur in condizioni analoghe di ripartizione degli stadi di crescita, si attenua negli altri scenari per il progressivo aumento delle superfici fuori rotazione (a parità di superficie totale) che si presentano invece aggregate (Tavola 3 in allegato). Ciò è particolarmente importante perché a parità di condizioni (contrasto e dimensione media degli elementi paesistici), all’aumentare dell’aggregazione spaziale degli habitat aumenta (HARRISON e FAHRIG 1995) la probabilità di sopravvivenza delle popolazioni

⁵La suddivisione è avvenuta con criterio arbitrario. Questa scelta si giustifica solo in relazione alla natura speculativa del presente lavoro, che sarà meglio definita nella discussione.

⁶Anche l’ampiezza assegnata a queste fasce a quelle di rispetto delle strade principali è arbitraria e strumentale all’elaborazione esemplificativa

⁷Nei grafici non è considerato lo scenario 4 perché questo non si differenzia in maniera apprezzabile dallo scenario 3.

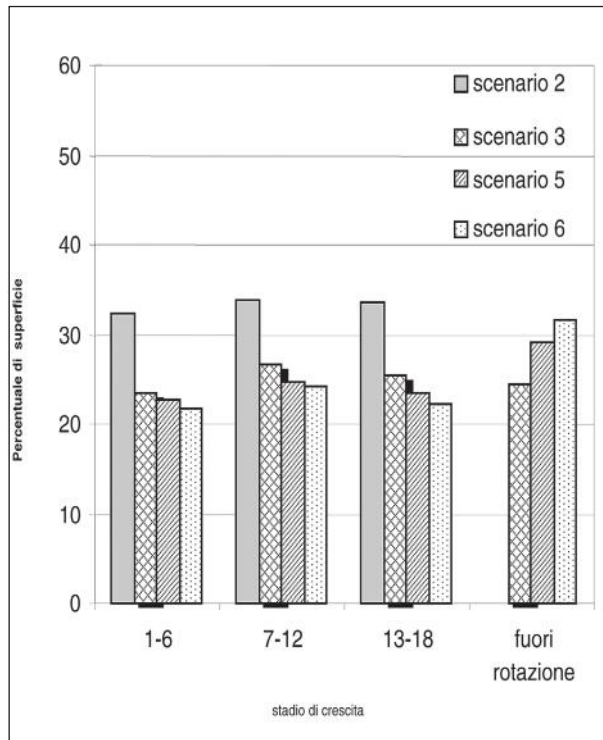


Figura 1 - Ripartizione degli stadi di crescita per scenario.
Distribution of development stages by scenario.

alla scala di paesaggio. Inoltre, l'introduzione della categoria fuori rotazione determina anche maggiori livelli di contrasto.

In definitiva dallo scenario 2 allo scenario 6 aumenta il livello di eterogeneità spaziale, derivante appunto dalla combinazione di aggregazione⁸, cioè la distribuzione spaziale delle *patch* e contrasto, che "esprime la complessità della configurazione spaziale" (WIENS 1995).

Dal punto di vista operativo si nota come in sede di assegnazione delle particelle alle differenti classi di età si possa influenzare (in relazione a finalità gestionali particolari) l'incidenza relativa di ciascuno stadio di crescita rispetto agli altri (e quindi l'*output* in termini di aggregazione e contrasto) imponendo per la assegnazione regole diverse da quella della randomizzazione.

Relativamente all'aumento della superficie fuori rotazione, nel caso specifico l'introduzione nello scenario 3 della regola di esclusione delle particelle con pendenza > 30% e la loro relativamente alta incidenza territoriale ha determinato a questo livello l'aumento più sensibile di tale categoria. Cioè, in termini

operativi, il livello di scenario in cui le variazioni si manifestano significativamente dipende sia dall'ordine di introduzione di una regola rispetto ad un'altra, sia dalla incidenza relativa in termini di superficie delle particelle interessate dalla regola che determina la esclusione dalla rotazione.

Dall'esame dei dati areali relativi a ciascuna sezione (E, F, G) del PdG, inoltre si nota come, mentre l'incidenza relativa di ciascuno stadio di crescita risulta proporzionale alla superficie della sezione (come conseguenza della randomizzazione), l'incidenza relativa e la distribuzione spaziale della quota fuori rotazione sia dipendente dalle caratteristiche intrinseche della sezione stessa (Figura 2). Per esempio la maggiore incidenza delle particelle caratterizzate da pendenze relativamente elevate si riscontra in quelle parti delle sezioni G ed F ubicate in corrispondenza dello spartiacque tra il fiume Cornia e il fiume Pecora e di quelle della sezione F ubicate in prossimità dello spartiacque tra il fiume Pecora e il fiume Bruna (Figura 3). Le stesse aree, presumibilmente, presentano anche caratteristiche della forma del rilievo tali da influenzare la fertilità, il che giustifica la presenza nelle stesse aree della maggior parte delle particelle caratterizzate da altezze contenute.

Alla scala delle sezioni, inoltre, si coglie come le particelle caratterizzate da valori relativamente elevati degli indici di rarità e qualità ambientale (relative alla componente ornitica), escluse dalla rotazione nello scenario 6, siano prevalentemente ubicate ai limiti esterni delle sezioni. Pur se il valore degli indici non ha carattere assoluto dal punto di vista dinamico, essendo fortemente influenzato dalle caratteristiche della configurazione paesistica, per cui non è detto che cambiando questa non varino i valori degli indici, tuttavia questo risultato conferma l'importanza degli ecotoni per la conservazione della biodiversità.

Infine a questa scala si percepisce anche come l'esclusione dalla rotazione colturale, a partire dallo scenario 3, di una zona di pertinenza delle incisioni del reticolo idrografico introduca elementi di micro-eterogeneità nella matrice paesistica. Questi, anche in relazione alla loro inerente condizione ecotonale, alle caratteristiche di linearità e curvilinearità, alla natura di ecosistemi ripariali svolgono importanti funzioni eco-paesistiche (FORMAN e GODRON 1986; FORMAN 1995).

⁸Per la valutazione del grado di aggregazione PIELOU (1977, in KOTLIAR e WIENS 1990) ha proposto lo spettro convenzionale *clumped-random-uniform*, con un passaggio dal massimo di irregolarità e casualità distributiva al massimo di regolarità.

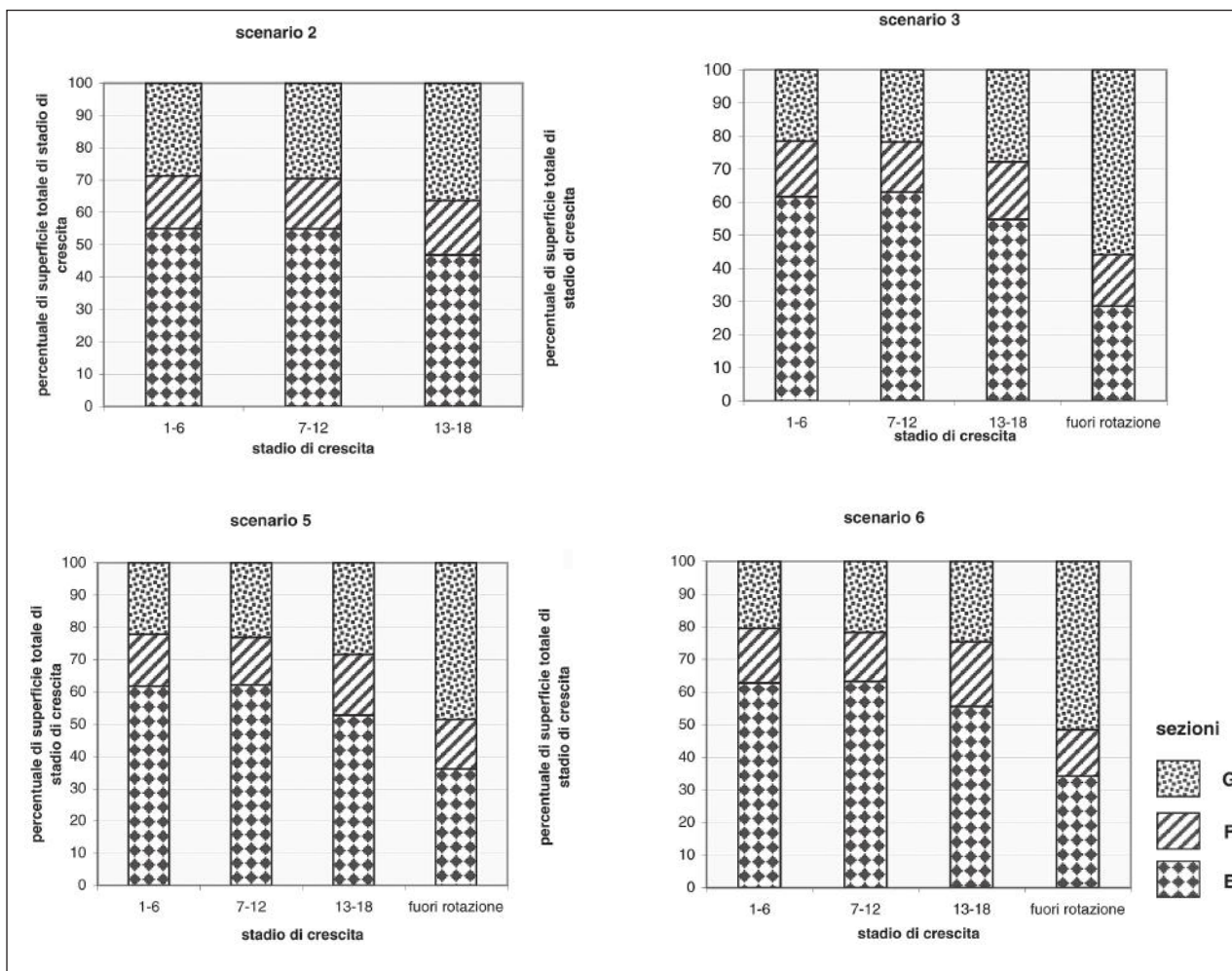


Figura 2 – Ripartizione degli stadi di crescita per sezione.
 Distribution of development stages by section.

Discussione

La metodologia proposta ed i risultati ottenuti, se anche tengono conto di numerose esigenze di ordine tecnico, normativo, economico *etc.*, costituiscono degli strumenti concettuali utili a formulare ipotesi piuttosto che decisioni operative. Questi strumenti sono utili stimoli per valutare criticamente i documenti di pianificazione disponibili e per sviluppare le basi necessarie a progettare modalità di gestione forestale che meglio rispondono alla funzionalità del paesaggio e quindi alla conservazione biologica.

Per l'esercizio illustrato si è potuto far riferimento solo a dati attinenti alla disponibilità di habitat, alla sua fisionomia e composizione, la cui conoscenza, sia pure imprescindibile, non è di per sé sufficiente alla valutazione delle conseguenze ecologiche alla scala di paesaggio dei cambiamenti del *pattern* spaziale degli

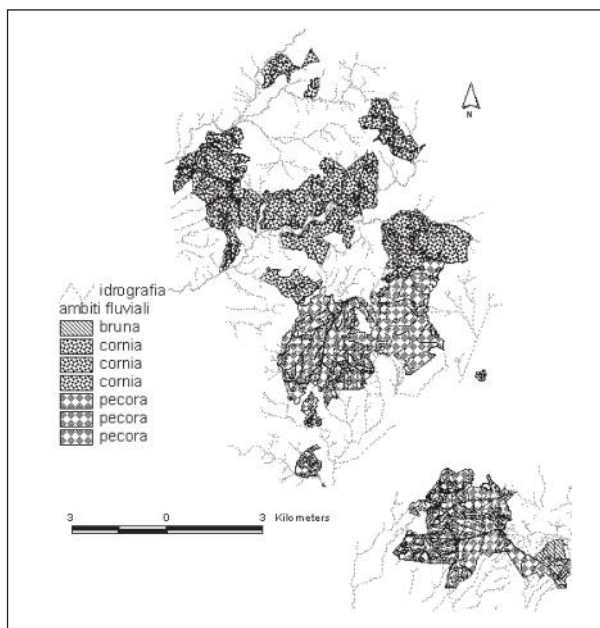


Figura 3 – Ripartizione del complesso gestionale negli ambiti fluviali di afferenza.
 Distribution of management estate by subcatchment.

habitat (FAHRIG 1998). Infatti questa esperienza ha dimostrato che i piani di gestione, oltre che recepire quanto prescritto dalle leggi, dovrebbero procedere all'acquisizione di elementi quantitativi di conoscenza circa la effettiva distribuzione nei vari habitat degli organismi animali che si potranno scegliere come indicatori di qualità/integrità ambientale e/o delle specie rare, e circa il loro successo riproduttivo in tali habitat, la cui raccolta non sembra far parte dei protocolli della ricerca ornitologica italiana, probabilmente per l'elevato costo delle relative campagne di reperimento.

E' comunque necessario tenere in conto anche quei fattori che non possono essere presi in considerazione dallo scenario stesso in quanto espressione del dinamismo a breve o medio termine e della occorrenza di eventi stocastici esogeni (ad es. incendi o attacchi di parassiti).

Le concettualizzazioni sono fondamentali, in primo luogo, in un'ottica di gestione forestale sostenibile, per definire, attraverso il confronto fra scenari alternativi, una strategia culturale (ceduo *vs.* conversione *vs.* cessazione parziale o totale delle utilizzazioni). La elaborazione di scenari dovrà poi tener conto anche di altri fattori ecologici (ad es. la stabilità biologica del

bosco, l'erosione del suolo in seguito alla ceduzione) e sociali (mercato, manodopera, partecipazione delle comunità umane) che influenzano la scelta d'uso del bosco e che, come detto prima, sono stati ignorati dal nostro "esercizio". Un caso che può costituire oggetto di indagine è la compatibilità della gestione del ceduo finalizzata all'ottenimento di più elevati gradi di eterogeneità ambientale con la presenza di popolazioni di ungulati selvatici (in particolare daino e capriolo). Infatti proprio la diversificazione della matrice nelle dimensioni orizzontale (corologica) e verticale (topologica) dello spazio derivante dal regime del ceduo favorisce in particolare questi animali con conseguente forte impatto sui giovani polloni. Inoltre evidenze sperimentali indicano come tagliate relativamente piccole e in quelle di forma poco compatta (alto rapporto perimetro/area), presentino maggiori intensità di danno da brucatura (GIOVANNINI *et al.* 2003). Questa circostanza impone, per esempio, la necessità di tentare di definire, oltre ad una soglia massima per la dimensione delle tagliate e un criterio per la loro aggregazione spaziale, anche una soglia minima e "tipologie" di forma delle tagliate stesse, nonostante le difficoltà dovute alla complessità delle variabili in gioco, a cominciare dal carico di ungulati.

III. Ipotesi sugli esiti a medio-lungo termine della gestione forestale attuale sulla conservazione della biodiversità[§]

Paola Mairota¹, Guido Tellini Florenzano² e Pietro Piussi³

Accettato il 3 marzo 2006

Riassunto – Partendo dalle considerazioni emerse nelle prime fasi della ricerca (MAIROTA *et al.* e MAIROTA e PIUSSI questo volume) è stata condotta un'analisi ecopaesistica a posteriori allo scopo di valutare gli esiti di un piano di gestione forestale reale. Si è fatto ricorso allo stesso set di scale spaziali, anche se l'attenzione è stata principalmente rivolta ai livelli inferiori della gerarchia della patchiness e ancora una volta sono stati impiegati gli uccelli come bioindicatori, infine è stato appositamente realizzato un archivio digitale delle informazioni cartografiche ed alfanumeriche georeferenziate disponibili per il territorio di studio (GIS). L'analisi è stata estesa nel tempo fino all'anno 2042 in cui gli interventi previsti e realizzati entro il 2005 potranno influenzare sia il singolo tratto di bosco sia il mosaico spaziale. Il cambiamento della configurazione spaziale del paesaggio è stato esaminato a tre livelli della gerarchia attraverso i dati relativi alle patch elementari e attraverso il computo di alcuni indici di landscape pattern. Per il confronto tra la situazione *ex ante* e quella *ex post* sono state impiegate statistiche descrittive. Gli effetti sulla biodiversità sono stati valutati qualitativamente attraverso la verifica del soddisfacimento delle necessità di habitat, in termini di disponibilità di habitat, per un set di specie ornitiche specializzate o dipendenti da habitat di tipo forestale, nelle due situazioni. Un più elevato grado di eterogeneità (dovuta all'aumento sia dell'aggregazione sia del contrasto) della configurazione spaziale del paesaggio forestale è il probabile esito dell'applicazione del piano di gestione forestale. Dal momento che il livello gestionale è cruciale per la selezione dell'habitat da parte degli uccelli, in termini generali, questo effetto non sembrerebbe sfavorevole dal punto di vista della conservazione. Tuttavia occorre considerare che l'applicazione di questo piano specificatamente sembra determinare un pattern relativamente omogeneo con riguardo all'età dei singoli tratti di bosco e ciò potrebbe non essere favorevole al mantenimento della vitalità delle popolazioni locali di un certo numero delle specie considerate. Si suggerisce pertanto che questa ed altre questioni emergenti da questa analisi siano prese in considerazione in occasione della revisione del piano di gestione al fine sia di evitare anomalie gestionali sia di contribuire ad una armonizzazione delle istanze della selvicoltura con quelle della conservazione. L'approccio adottato è coerente sia con i principi di "saggia gestione forestale in Europa" (ANDERSSON 2003) sia con quelli della gestione adattativa (FEMAT).

Parole chiave: paesaggio forestale, gerarchia della patchiness, biodiversità, bioindicatori, cambiamento.

Abstract – Hypotheses on middle-long term effects of present forest management on biodiversity conservation. Starting from the consideration emerged from the previous phases (MAIROTA *et al.* and MAIROTA and PIUSSI this volume) a posterior landscape ecological analysis was carried out in order to assess the consequences of an actual forest management plan. The same set of spatial scale was adopted, even though the focus was on the lower three levels of the hierarchy of the patchiness, birds were again used as bioindicators and a GIS was created on purpose for the management estate studied. The analysis was extended in time up to the year 2042 when the interventions, as scheduled and implemented by 2005, are likely to influence both the single stand and the resultant spatial mosaic. Landscape configuration change was examined at the three levels of the hierarchy using data at the patch to compute a few landscape pattern indices. To compare the *ex ante* and the *ex post* situations descriptive statistics applied. Effects on biodiversity were qualitatively assessed by means of the verification of the fulfilment of the habitat needs, in terms of habitat availability, of a set of bird species specialised or dependent on forest habitat types, in both situations. A higher degree of landscape heterogeneity (due to the increase of both aggregation and contrast) at the management level is to be expected by the implementation of the forest management plan. As the management level is crucial for habitat selection for birds, speaking in general terms, such effects do not appear as detrimental for conservation purposes. However it has to be taken into an account that the implementation of this very management plan is also likely to produce a relatively homogeneous pattern as far as age of forest stands is concerned which does not seem to favour the viability of local populations of a few among the bird species considered. It is suggested that these and other issues emerging from this analysis are taken into an account when a new plan will be compiled in order to both avoid management anomalies and to better harmonise silviculture and conservation instances. The approach adopted is consistent with both the principles of "wise forest management in Europe" (ANDERSSON 2003) and of "adaptative management" (FEMAT).

Key words: forest landscape, hierarchy of patchiness, biodiversity, bioindicators, change.

F.D.C.62: 907: 180

Introduzione

Dalle considerazioni emerse dalle prime fasi di studio (MAIROTA e PIUSSI 2001; MAIROTA *et al.* 2002) illustrate nei capitoli precedenti, e per tener conto anche

[§] La ricerca è stata svolta congiuntamente e in parti uguali dai tre Autori.

¹ Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali, Facoltà di Agraria Università degli Studi di Bari, via Amendola 165/A 70126 Bari p.mairota@uniba.it

² DREAM Italia, via dei Guazzi 31, I-52013 Poppi (AR) Italy tellini@dream-italia.it

³ DISTAF Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Firenze, via S. Bonaventura 13 50145 Firenze pietro.piussi@unifi.it

di istanze derivanti da indirizzi di politica forestale ed ambientale, è emersa la necessità di una verifica delle scelte gestionali e colturali di un piano di gestione reale. È stata pertanto condotta una proiezione degli esiti dell'applicazione del "Piano di Gestione Forestale 1994-2003 per il Complesso forestale "Bandite di Follonica" (PdG).

A tal fine è stato adottato un approccio di analisi multiscalare gerarchica dell'ambito territoriale delle Colline Metallifere che si propone come modello teorico di riferimento al fine di contribuire con contenuti innovativi e ad alta valenza applicativa per la prassi operativa della gestione forestale.

Le analisi sono state rivolte è principalmente a:

1) verificare se:

- i) l'organizzazione spaziale delle diverse scelte colturali operative proposta dal Piano (mantenimento del governo a ceduo, evoluzione per via naturale senza nessun intervento, avviamento ad altofusto);
- ii) la successione spazio-temporale degli interventi (soprattutto ceduazioni), tengano conto attualmente, ed in che misura, della necessità di mantenere un mosaico sufficientemente articolato a garantire, alle diverse scale territoriali, la presenza, diffusione, connessione di tipi di bosco e quindi di copertura diversi;

2) proporre eventuali aggiustamenti che consentano, in fase di revisione di un piano di gestione ormai prossimo alla scadenza, di calibrare le scelte di lungo termine del precedente strumento per conseguire una sempre più efficiente struttura del mosaico ambientale, senza alterare in modo sensibile gli attuali indirizzi.

Va precisato in via preliminare che le elaborazioni numeriche e grafiche che seguono e le considerazioni che ne discendono sono il risultato di una applicazione semplificata, per quanto rigorosa dei concetti dell'ecologia del paesaggio. Si ritiene che questi risultati vadano letti ed interpretati tenendo conto dei numerosi limiti, taluni imprevedibili, dovuti alla realtà socio-economica e che quindi le implicazioni/indicazioni pratiche vadano espresse così da evitare la produzione di una normativa astratta, difficile da comprendere, che prescinde dalla realtà locale.

Con riferimento al punto i), attinente alla organizzazione spaziale delle diverse scelte colturali

(mantenimento del governo a ceduo, evoluzione per via naturale senza nessun intervento, avviamento ad altofusto), al fine di individuare eventuali necessità di aggiustamenti, è stato valutato il cambiamento del grado di eterogeneità spaziale della matrice forestale indotto dalla applicazione di tali scelte colturali. L'eterogeneità spaziale, come definita da KOTLIAR e WIENS (1990) e da WIENS (1995), influenza direttamente la probabilità di sopravvivenza delle popolazioni animali alla scala di paesaggio.

Riguardo al quesito di cui al punto ii), attinente alla successione spazio-temporale degli interventi (soprattutto ceduazioni), al fine di incrementare il livello di operatività delle concettualizzazioni derivanti dall'applicazione di ipotesi di scenari alternativi, si è scelto di procedere alla verifica delle scelte del PdG vigente soltanto rispetto ad alcuni dei cosiddetti "vincoli" degli scenari ipotetici, e precisamente:

- a. prescrizioni normative relative alle dimensioni massima delle tagliate ed alla non contiguità delle stesse per tre anni silvani, (Art. 22, punti 1 e 2, del Regolamento forestale della Regione Toscana);
- b. effetti a scale più piccole e più grandi, relativamente al livello di omogeneità/eterogeneità del mosaico ambientale;
- c. compatibilità con le esigenze di conservazione della biodiversità⁴;
- d. compatibilità tra la attuale aggregazione spaziale, dimensione minima e forma delle tagliate e la presenza di popolazioni di ungulati selvatici (in particolare daino e capriolo).

Infatti, si è considerato che altri aspetti, quali quelli attinenti alla conservazione delle risorse naturali (suolo, acqua, vegetazione), alle esigenze sociali generali rurali (lavoro, energia rinnovabile, sviluppo socio-economico locale), alle esigenze tecniche operative (macchine e costi, pendenze, soglie tecniche di provvigione), al mercato, alle esigenze di protezione del bosco dagli incendi, fossero sufficientemente tenuti in conto nell'ambito delle scelte strategie e di piano quali:

- i) la scelta di avere in questo contesto territoriale (giacitura collinare, morfologia non accidentata, pendenze in genere ridotte, problemi di tutela dell'assetto idrogeologico non prioritari come in aree tipicamente appenniniche, *etc.*) una prevalenza della superficie da mantenere a

⁴Come definita nella Premessa.

ceduo, ritenuta complessivamente sostenibile, anche in relazione alla stabilità dei soprassuoli forestali relativamente alle loro caratteristiche compositive e strutturali ed alla capacità di rinnovazione anche ai fini della perpetuazione delle funzioni da essi espletate;

- ii) la decisione da parte dei Compilatori del Piano di assegnare ad una data tipologia colturale una certa superficie come risultato dell'analisi preventiva dei caratteri stazionali (fertilità, pendenza, giacitura, esposizione, *etc.*) dei parametri del soprassuolo (età, sviluppo, composizione specifica, densità, altezza dominante, *etc.*) e della posizione relativa rispetto alla viabilità (servibilità del sito).

Metodi e materiali

Si è condotta un'analisi ecopaesistica transcalare per una sezione di foresta, unità territoriale formalmente definita dal PdG, caratterizzata dalla presenza di formazioni a prevalenza di querce caducifoglie sia allo scopo di verificare l'applicabilità della procedura ad altre sezioni, sia allo scopo di desumere indicazioni integrative e di indirizzo relativamente agli obiettivi generali della gestione forestale nella sezione prescelta.

Tale scelta metodologica è stata operata considerando che:

- a. la elaborazione di un modello teorico analogo a quello proposto nella ricerca di cui al capitolo 2, benché basato su ipotesi adattate al nuovo caso specifico, potrebbe comunque risultare non realizzabile, nel senso che i vari "vincoli" dello scenario, se applicati contemporaneamente, potrebbero avere degli effetti sinergici tali da non consentire di fatto la applicabilità del modello;
- b. non è attualmente disponibile la base cognitiva (banche dati sulla effettiva distribuzione degli organismi animali nei vari habitat e sul successo riproduttivo relativo ad ogni tipo di habitat) necessaria per la progettazione (costruzione, parametrizzazione, validazione, applicazione) di un modello di simulazione spazialmente esplicito e dinamico, rispetto al quale condurre la verifica (valutazione delle implicazioni funzionali per il paesaggio derivanti dalla gestione forestale) e l'analisi delle divergenze dal modello e delle ragioni di tali eventuali divergenze;

- c. esulava dagli scopi del lavoro la costruzione, o comunque il ricorso ad un modello formale di paesaggio (*sensu* BASKENT e KELES 2005) e comunque l'ambiente GIS soddisfaceva le esigenze di organizzazione e computo delle metriche spaziali impiegate (indici di *spatial pattern*).

La scelta di operare su uno spettro di scale territoriali, corrispondenti ad altrettanti livelli della gerarchia della *patchiness* attinente alla gestione forestale rappresenta una scelta di continuità con il lavoro già svolto, in coerenza con l'esigenza di una gestione forestale calibrata su e congruente con le istanze di conservazione emergenti alla scala vasta. Essa consente, d'altra parte, di tenere conto dell'importanza della particella e sottoparticella/superficie di intervento ai fini della selezione dell'habitat da parte degli organismi animali. Tale spettro di scale, come già specificato, definito dai limiti superiore ed inferiore della percezione del paesaggio da parte del tecnico forestale e dalle scale intermedie rispetto a questi, è riferito alla sezione del complesso gestionale e consente di valutare la frammentazione degli habitat. Questo è un carattere di primaria importanza ai fini conservativi. In particolare i livelli gerarchici considerati in questo studio sono quelli: sub-continentale o nazionale, regionale, territoriale, vegetazionale, gestionale, selvicolturale e infra-selvicolturale, cui corrispondono altrettanti livelli di scala, da quelle più piccole (1:1.000.000) a quelle più grandi (1:10.000).

La sezione individuata per la conduzione dello studio è la sezione B del Complesso forestale "Bandite di Follonica", costituita per la maggior parte da formazioni a prevalenza di Cerro, e quindi rappresentativa dei vari tipi colturali indicati.

Anche in questo caso si è fatto ricorso a bioindicatori (uccelli) per tentare di valutare gli effetti indotti dal PdG sulla disponibilità e sulla configurazione spaziale delle risorse per la fauna selvatica (compresi gli ungulati).

Propedeutica rispetto alle analisi e finalizzata all'inquadramento della sezione indicata nel contesto delle scale più piccole e più grandi, è stata la realizzazione di un archivio digitale delle informazioni cartografiche ed alfanumeriche georeferenziate disponibili per la sezione B del Piano di Gestione Forestale 1994-2003 – Complesso Forestale Bandite di Follonica, che è stato denominato Atlante del territorio. Tale documento rappresenta parte integrante del *report* conclusivo del progetto nell'ambito del quale questo lavoro è

stato realizzato ed è ad esso allegato. Nei paragrafi che seguono se ne forniscono pertanto solo dei brevi cenni illustrativi.

Atlante del territorio

I dati cartografici e relativi database alfanumerici utilizzati sono stati⁵:

- Carta Tecnica della Regione Toscana;
- Carta della Vegetazione Forestale della Regione Toscana;
- Carta della Copertura del suolo (*Corine Land Cover*) della Regione Toscana;
- Carta dei Sistemi di Paesaggio della Regione Toscana;
- Carta delle Aree protette della Regione Toscana;
- Carta dei Bacini idrografici *ex lege* 183/89 della Regione Toscana;
- Ortofoto;
- Carta della Viabilità e degli Interventi relativi alla sezione B del Piano di Gestione.

I dati alfanumerici della Carta della viabilità e degli interventi sono stati desunti dalle Descrizioni particellari relative alla sezione B del Piano di Gestione. Essi sono stati associati ai relativi poligoni ottenuti per digitalizzazione dei limiti particellari, sottoparticellari/superfici di intervento.

Per ciascuno strato informativo sono state riportate anche i *metadata*⁶ (o *descrittori dei dati*), che, come è noto, permettono di apprezzare, in maniera per quanto possibile oggettiva, le caratteristiche del dato originale, in modo da valutarne l'applicabilità per gli scopi cui sarebbe destinato. Tali informazioni sono contenute in un apposito database, realizzato in formato Access, consultabile attraverso maschere individuali (schede di documentazione) per ciascuno strato informativo.

Al fine di consentire l'integrazione dell'Atlante del territorio con altri strati informativi provenienti dal SIT della Regione Toscana, la scheda di documentazione è stata realizzata attenendosi fondamentalmente al modello adottato dalla Regione stessa per la docu-

mentazione degli archivi del SIT, a sua volta derivato dallo standard proposto dal *Comité Européen de Normalisation électronique*, CEN/TC287⁷. Pertanto non si è entrati nel merito del dibattito in corso circa la messa punto degli standard cartografici di riferimento (cfr. FAGGIONI e CADONI 2000). Dalla maschera individuale si può accedere, attraverso pulsanti di comando, a maschere di specifica dei singoli attributi relativi al Piano di gestione, nonché al file in formato Excel contenente le tabelle di decodifica dei singoli attributi. Per quanto riguarda le codifiche, si è fatto riferimento a quelle adottate nel SIT, nel Piano di gestione informatizzato (sezioni E F G), e di quello non informatizzato sezione B del Complesso forestale Bandite di Follonica (DREAM Italia 1994).

Analisi transcalare

È stata condotta una analisi diacronica delle patch ai tre livelli gerarchici inferiori (scale più grandi) dello spettro. La selezione dell'habitat da parte degli organismi animali, infatti, implica risposte alla struttura delle patch ad una serie di livelli gerarchici (WIENS 1985; MAIROTA *et al. op.cit.*) e si devono considerare almeno altri due livelli rispetto a quello di interesse (KOTLIAR e WIENS *op.cit.*). In questo caso il livello di interesse è quello della gestione forestale e quelli ausiliari, di dettaglio, i livelli selvicolturale e infra-selvicolturale dal momento che anche la struttura della *patchiness* risultante alle scale più piccole è influenzato dalle variazioni della scala di dettaglio.

Pertanto, facendo riferimento ai dati forniti dalle descrizioni particellari, particolare attenzione è stata posta alla configurazione spaziale delle tipologie di uso del suolo ("formazioni" o superfici di intervento) interne alle singole particelle, individuate anche cartograficamente dal Piano ("Carta della Viabilità e degli Interventi relativi alla sezione B del Piano di Gestione"), che afferiscono alle diverse comprese assestamentali e per le quali sono stati previsti interventi selvicolturali differenziati.

Le soglie temporali scelte per la verifica delle

⁵La Carta Tecnica Regionale 1:10000, le Ortofoto 1:10000, la Carta della Copertura del suolo *Corine Land Cover* 1999, e la Carta della Vegetazione forestale, sono state fornite all'ISSEL dallo Sportello Cartografico Regionale. La Carta delle Aree protette della Regione Toscana, e la Carta dei Bacini idrografici *ex lege* 183/89 della Regione Toscana, sono state acquisite mediante scansione e georeferenziazione delle carte riportate nella pubblicazione di Trevisani, M. 1998 *Verso il Sistema Informativo Territoriale della Regione Toscana*. Dipartimento politiche del territorio, dei trasporti e delle infrastrutture. Gli allegati del Piano di Gestione Forestale "Carta Forestale", "Carta della Viabilità e degli Interventi" e "Descrizioni particellari (sezione B-)" sono stati forniti dalla Comunità Montana delle Colline Metallifere.

⁶Il termine *metadata* è stato coniato negli USA, dove il *Federal Geographic Data Committee* (FGDC, <http://www.fgdc.gov/>) definì uno standard per la descrizione delle banche dati geografiche.

⁷(http://www.rete.toscana.it/sett/pta/cartografia_sit/sit/progetti/cen/inizia.htm)

conseguenze dell'implementazione del PdG sono 1994 (*ex ante*), epoca precedente l'implementazione stessa e coincidente con il momento della descrizione particellare, e il 2042 (*ex post*), epoca in cui secondo le previsioni di piano, dopo la realizzazione degli interventi (entro il 2005) ed un congruo periodo di attesa, si raggiunge la situazione a regime. Si è ipotizzato che tutti gli interventi previsti siano stati realizzati, come risulta dalla corrispondenza intercorsa tra l'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura di Arezzo e la Comunità montana.

Al livello gerarchico inferiore (scala più grande) il complesso forestale in esame si presenta suddiviso (Figura 1) in tante porzioni elementari (*patch*) che corrispondono alle superfici di intervento (interne alle particelle), come cartografate dal PdG (*patch* di primo livello - *patch I, grain*). Le *patch I* sono state individuate sul terreno dagli estensori del PdG in base alle caratteristiche del soprassuolo (attributi) ad una certa scala spaziale che coincide con la *grana*, ossia la scala più grande a cui l'organismo (tecnico forestale o uccello) risponde alla struttura della *patch*. Pertanto, per definizione (KOTLIAR e WIENS *op.cit.*), le *patch I* sono percepite come internamente omogenee rispetto agli attributi. Le *patch I*, che rappresentano le unità statistiche, essendo state individuate con criterio qualitativo si possono considerare indipendenti. Ai fini della verifica della significatività statistica delle differenze rilevabili tra le due situazioni, tuttavia si deve tener conto della non indipendenza (spazio-temporale) dello stato della *iesima patch I* nella situazione *ex post* dal suo stato nella situazione *ex ante*. Ciò evidentemente condiziona l'applicabilità di test di dipendenza tra le variabili che potrebbe essere fuorviante.

Tra gli attributi impiegati nel PdG per la descrizione

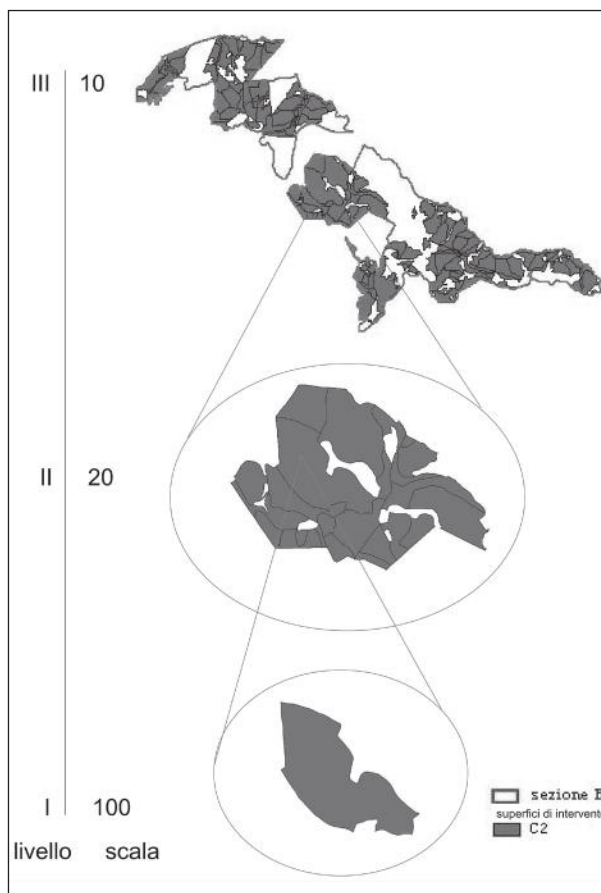


Figura 1 - Struttura gerarchica delle patch e limiti grana-estensione per la sezione B del Piano di gestione forestale. Sono rappresentati o tre livelli gerarchici inferiori innestati. *Hierarchical patch structure and grain-extent ranges for the section B of the forest management plan. Three nested levels within patch hierarchy are represented.*

Tabella 1 – Codifica dei tipi di struttura.
Key to structure types.

codice	forma di governo	descrizione
C1	ceduo	a regime
C2	ceduo	invecchiato
C3	ceduo	degradato
F1	fustaia	novelletto (origine naturale)
F2	fustaia	posticcia (origine artificiale)
F3	fustaia	perticaia
F4	fustaia	adulta
F5	fustaia	matura
F6	fustaia	stramatura
M1	(macchia)	bassa
M2	(macchia)	alta
M3	(macchia)	foresta

delle particelle e quindi delle *patch I*, in relazione ai criteri di selezione dell'habitat da parte degli uccelli, sono stati scelti il "tipo di struttura" (*TS*), il "tipo di formazione" (*TF*) e l'età (*E*). Per "tipo di struttura" (C1, C2, F2, F3, F4, F5 - Tabella 1), il PdG intende raggruppamenti costituiti con criteri diversi a seconda del tipo di bosco, gli stadi evolutivi, gli aspetti fisio-nomici e le strutture derivanti da scelte di gestione, ed in particolare: l'età nel caso del ceduo, la statura nel caso della macchia e gli stadi di sviluppo nel caso delle fustaie. Nel PdG le classi d'età (Tabella 2) hanno un'ampiezza compresa tra i 5 ($class_{età} 1$ e 2) e 10 anni ($class_{età} 3-11$) o includono tratti di bosco per i quali non è possibile definire l'età ($class_{età} 12$). Ai fini del presente studio è stata considerata l'età di ogni singola *patch I* e a quelle ricadenti nella classe 12 è stata attribuita l'età di 150 anni nella situazione di partenza. Per "tipo di formazione" ($class_{TF}$) si intende l'uso del

Tabella 2 – Codifica delle classi di età.
Key to age classes.

codice	descrizione
1	1 - 5
2	6 - 10
3	11 - 20
4	21 - 30
5	31 - 40
6	41 - 50
7	51 - 60
8	61 - 80
9	81 - 100
10	101 - 120
11	>121
12	indeterminata.

suolo (Tabella 3).

Le *patch* I possono essere classificate secondo gli attributi indicati e cioè per “tipo di struttura” ($class_{TS}$), “età” ($class_E$), “tipi di formazione” ($class_{TF}$). Per ogni attributo, *patch* I appartenenti ad una stessa classe, nello spazio, formano dei *cluster*. Con l’applicazione del PdG le *patch* I non cambiano né forma né dimensione. Cambia invece la loro aggregazione in *cluster*, e la forma e la dimensione dei *cluster*.

Ogni *cluster* può essere a sua volta considerato come una *patch* (*patch* di secondo livello, *patch* II).

Ad una scala ancora più piccola (rapporto di scala spaziale più grande), l’insieme delle *patch* II di una data classe coincide con una porzione del *landscape* (livello III). Nell’ambito di questo livello di scala, l’eterogeneità è determinata dalla distribuzione dei “tipi di formazioni” (ossia gli usi del suolo) e dalla distribuzione delle età nell’ambito di ciascun insieme di *cluster* di una classe.

Il *landscape* (alla stessa scala) quindi è dato dall’insieme degli insiemi di *patch* II. Nell’ambito dello spettro di scale spaziali che individuano la gerarchia inclusiva della *patchiness* della gestione forestale, il *landscape* così definito rappresenta un livello intermedio tra la estensione (la scala più piccola dell’eterogeneità a cui un organismo risponde) e la grana. Ad esso (che corrisponde quindi al complesso gestionale) attengono due livelli di *patchiness*, quello delle *patch* I (che determina eterogeneità al II livello) e quello delle *patch* II. L’eterogeneità a questo livello è determinata dal grado di aggregazione e contrasto tra le *patch* di II ordine.

Per cercare di apprezzare i cambiamenti del *landscape* nel suo complesso derivanti dall’applicazione del PdG, sono stati considerati dapprima i dati al livello di *patch* I nel loro insieme e quindi stratificandoli per tipo di struttura, età e tipo di formazione, ma senza riferimento ai cluster spaziali. Successivamente è stata

presa un considerazione anche l’informazione geografica sulla prossimità delle osservazioni e sono quindi state individuate le *patch* II, analizzate singolarmente e nel loro complesso relativamente a ciascuna classe. Infine sono stati esaminati gli effetti del cambiamento sull’eterogeneità a livello del complesso gestionale.

Il primo livello della gerarchia della *patchiness* (*patch* I, *grains*) è stato usato per analisi al *class* e *landscape level* (*sensu* McGARIGAL *et al.* 2002) mediante il ricorso a statistiche descrittive e rappresentazioni grafiche idonee a tener conto della non normalità delle distribuzioni, quali la mediana e la differenza interquartile (IQR) per la valutazione della posizione e della variabilità interna di ciascuna popolazione di dati.

Le metriche utilizzate per i confronti sono state quelle relative alla numerosità ed alla dimensione delle *patch* quali l’estensione di ciascuna *patch* I (PA) l’estensione totale di ciascuna *class* (CA) e l’estensione totale del *landscape* (TA), la proporzione (in percentuale) di *landscape* occupato da ciascuna classe (PLAND), il numero di *patch* (NP), un indice di dominanza (*largest patch index* LPI) e la dimensione media (mediana) delle *patch*. La scelta di questi indici rispetto all’intero arsenale proposto da McGARIGAL *et al. op cit.* e disponibile attraverso FRAGSTATS, deriva dalla necessità, per gli scopi del lavoro, di seleziona-

Tabella 3 - Elenco dei tipi di formazione/uso del suolo della sezione B e relativa codifica Corine Land Cover V livello per la Toscana.
Land use types and Corine Land Cover codes V level for Toscana region.

codice	descrizione
11200	Tessuto urbano discontinuo
13100	Aree estrattive
21000	Seminativo semplice asciutto
41200	Noceto
51111	Fustaia di douglasia
51120	Fustaia di pino nero
51129	Fustaia di pino insigne
51147	Fustaia di conifere varie
51251	Fustaia di castagno
51299	Fustaia di latifoglie varie
51349	Fustaia conifere e latifoglie
52051	Ceduo di castagno
52054	Ceduo di cerro
52080	Ceduo di carpino
52099	Ceduo di latifoglie varie
53154	F.trans. di cerro
53251	Ceduo invecchiato di castagno
53254	Ceduo invecchiato di cerro
53257	Ceduo invecchiato di leccio
53280	Ceduo invecchiato di carpino
53299	Ceduo invecchiato di latifoglie
56100	Viale parafuoco
61100	Pascolo nudo
65200	Prato stabile
70300	Arbusteto

re indici di relativamente semplice quantificazione e che possano restituire informazioni sensibili circa le possibili connessioni tra configurazione del paesaggio e mantenimento della biodiversità in termini di disponibilità e qualità di habitat (*sensu* Direttiva 92/43/CE, art. 6). Riguardo agli indici selezionati si può dire, a fronte di una letteratura ormai molto consistente (per una rassegna si veda FORMAN 1995, MCGARIGAL *et al. op.cit.*), che la distribuzione di molte specie animali e la possibilità di sopravvivenza per le loro popolazioni è legata sia ad una disponibilità minima di habitat sia ad una dimensione minima di *patch* dello stesso habitat. Queste specie in letteratura vengono indicate come *area sensitive* o *area limited species* (CARIGNAN e VILLARD 2002). Quanto alla confrontabilità statistica delle differenze tra i valori degli indici nelle due situazioni, oltre a quanto già osservato relativamente alle caratteristiche di non indipendenza spazio-temporale delle unità statistiche, si ricorda che questo è un problema aperto (cfr. REMMEL e CSILLAG 2003) dal momento che le distribuzioni degli indici di *landscape pattern* non sono conosciute.

Per i confronti (bivariati) tra una variabile qualitativa (TS o TF) ed una quantitativa (PA, CA, E), si è fatto ricorso anche alla tecnica della matrice di cambiamento (FORMAN e GODRON *op.cit.*); a una metrica idonea a descriverne quantitativamente la composizione in termini di diversità (indice di SHANNON) e alla curva di importanza diversità che permette di valutare entrambe le componenti della diversità (*richness* e *evenness*) (cfr. ODUM 1983; WHITTAKER 1965; PIANKA 1978). Questi ultimi strumenti di analisi, come noto, tipicamente si usano per i confronti quantitativi tra situazioni diverse o tra tempi diversi della stessa situazione. In particolare la matrice di cambiamento e la curva di importanza diversità permettono di confrontare in termini quantitativi due (o più) condizioni di composizione e abbondanza relativa delle varie categorie, di uno stesso tratto di territorio in tempi differenti (*ex ante* e *ex post* rispetto all'applicazione del PdG), ma anche e soprattutto di verificare le direzioni del cambiamento.

La individuazione del secondo livello della gerarchia della *patchiness* (*patch* II) è servita a tener conto dei rapporti spaziali tra le *patch* I di una stessa classe (*cluster* di *patch* I) e i *cluster* di una stessa classe. Se si

considera ogni *cluster* di ciascuna categoria come una *patch* (*sensu* MCGARIGAL *et al. op.cit.*), questo livello può essere usato per analisi di *class* e *landscape level* (*sensu* MCGARIGAL *et al. op.cit.*) per ognuna delle categorie (nel caso in esame: tipi di struttura). Come tale è stato trattato mediante l'impiego sia di delle stesse metriche (numerosità, dimensione, LPI delle *patch* II) sia di metriche idonee alla quantificazione di aspetti relativi alla configurazione spaziale, quali l'indice K di BOSCH (1978, in FORMAN *op.cit.*) che fornisce indicazioni circa la compattezza della forma delle *patch*, e l'indice di CLARK e EVANS (1954) che confronta la distribuzione osservata con quella attesa teoricamente (distribuzione di POISSON). Riguardo a questo indice si ricorda che gli stessi MCGARIGAL *et al. (op.cit.)* lo indicano come alternativa alla *nearest neighbour analysis* per lo studio della dispersione.

Al questo stesso livello, considerando che le *patch* II sono omogenee rispetto al tipo di struttura delle *patch* I che le compongono, ma non lo sono affatto in termini di tipo di formazione ed età, per ciascun insieme di *patch* II, per ciascun tipo di struttura, è stato calcolato un descrittore di omogeneità/eterogeneità in termini di età delle strutture e di tipo di formazione. In particolare, si è fatto ricorso all'indice di distribuzione dei tipi di formazione (A), che esprime la diversità nell'ambito di ciascun tipo di struttura, è stato calcolato secondo il procedimento dell'indice di PRETZSCH (1996, in PIGNATTI 1998) riferito alle *patch* di II ordine (valori normalizzati delle superfici delle *patch* di I ordine classificate per tipo di formazione, incluse in ciascuna *patch* di II ordine).

Ancora a questo livello l'insieme dei *cluster* di ciascuna categoria è stato considerato come una porzione di paesaggio e per il loro complesso è stato computato *l'average segment length* (ASL) proposto da FORMAN (*op.cit.*)⁸ e buon indicatore di contrasto.

Le stesse metriche e gli indici (tranne A) sono stati computati al livello III sull'insieme di tutte le *patch* II. Per l'indice R è stata calcolata la media aritmetica sui valori ottenuti al *class level*.

Bioindicatori

Gli effetti probabili sulla disponibilità di habitat sono stati valutati relativamente alle preferenze ed alle modalità di utilizzo delle "formazioni" presenti da

⁸In questo caso sono stati calcolati la media aritmetica, la deviazione standard e il coefficiente di variazione anziché la mediana e l'IQR per attenersi alla formulazione originale di questo indice.

Tabella 4 - Set di specie di uccelli scelte come bioindicatori e relative categorie ecologiche.
Set of bird species selected as bioindicators and relevant ecological category.

	Area limited	Resource limited
Migratore a lungo raggio	<i>Circaetus gallicus</i> (Biancone) <i>Pernis apivorus</i> (Falco pecchiaiolo)	<i>Caprimulgus europaeus</i> (Succiacapre) <i>Sylvia cantillans</i> (Sterpazzolina)
Sedentario	<i>Falco tinnunculus</i> (Gheppio) <i>Strix aluco</i> (Allocco)	<i>Picoides major</i> (Picchio rosso maggiore) <i>Parus palustris</i> (Cincia bigia)

parte di un *set* di specie ornitiche specializzate per, o altrimenti dipendenti, dagli ambienti forestali, delle quali sia possibile documentare o inferire la presenza nell'area di studio.

Per continuità con il lavoro già svolto, sono state prese in considerazione oltre alle specie già utilizzate, altre quattro specie, per un totale di otto specie di uccelli (Tabella 4).

Alcune di queste specie (Biancone, Falco pecchiaiolo e Succiacapre) sono considerate di interesse per la conservazione a livello di Unione Europea (Direttiva 79/409 "Uccelli", all. 1); a livello nazionale (LIPU e WWF 1999), il Biancone è considerato "specie in pericolo", il Falco pecchiaiolo "specie vulnerabile" ed il Succiacapre "specie a più basso rischio". Il Gheppio, infine, è inserito nella Lista Rossa degli uccelli nidificanti in Toscana (SPOSIMO e TELLINI 1995), come specie "mediamente vulnerabile". Tra le specie prescelte, quattro sono classificabili come *area limited* e quattro come *resource limited* (CARIGNAN e VILLARD *op.cit.*). Le informazioni per l'assegnazione delle specie a queste categorie ecologiche sono state desunte dalla letteratura scientifica locale (TELLINI FLORENZANO *et al.* 1997) e generale (HAGEMELJER e BLAIR 1997). A loro volta, le specie dei due gruppi sono state differenziate per coppie in base alla modalità di presenza sul territorio, essendo una formata da specie migratrici a lungo raggio, e l'altra da specie considerabili sedentarie (cfr. MACCHIO *et al.* 1999).

A partire dalle conoscenze disponibili per l'area di studio (TELLINI FLORENZANO *op.cit.*), relativamente alle preferenze ambientali delle varie specie, sono state costruite due tabelle di necessità di habitat, l'una relativa alla scelta del sito riproduttivo (*breeding*) e l'altra relativa alle esigenze trofiche, ovvero alla scelta dell'habitat di foraggiamento, sempre durante la riproduzione (*feeding*) (NEAVE *et al.* 2000) e sono state desunte le necessità di habitat in termini di tipi di struttura della vegetazione (C1, C2, F2, F3, F4, F5) (Tabelle 5 e 6). A partire da queste informazioni è stata calcolata la disponibilità di habitat ("tipo di formazione" x "tipo di struttura") nei due momenti

considerati.

Sebbene sia noto che la presenza di una specie in una porzione di spazio dipende quasi sempre da interrelazioni complesse tra i diversi livelli gerarchici di organizzazione del paesaggio (cfr. GUISAN e ZIMMERMANN 2000; LEHMANN *et al.* 2002; RUSHTON *et al.* 2004), si è ritenuto di poter procedere a queste assegnazioni in considerazione del livello di conoscenza locale della distribuzione e dell'ecologia delle specie prescelte. In particolare per lo scenario futuro è stato considerato che entrino in gioco solo fattori di tipo locale (essenzialmente le scelte del PdG), non potendo tener conto di altri fattori (modificazioni climatiche, modificazioni

Tabella 5 - Necessità di habitat nella fase fenologica riproduttiva (breeding and nesting) tra quelli presenti nella sezione B del Piano di Gestione.
Habitat needs in the reproductive (breeding and nesting) phenologic phase among those of section B of the management plan.

codice e descrizione corine land cover toscana V livello	uccelli								mammiferi	
	resource limited				area limited				unguati	
	migratore	non migratore	migratore	non migratore						
specie	<i>Caprimulgus europaeus</i>	<i>Sylvia cantillans</i>	<i>Picoides major</i>	<i>Parus palustris</i>	<i>Circaetus gallicus</i>	<i>Pernis apivorus</i>	<i>Falco tinnunculus</i>	<i>Strix aluco</i>	<i>Capreolus capreolus</i>	<i>Dama dama</i>
habitat necessari										
11200 Tessuto urbano discontinuo							*	*		
13100 Aree estrattive	*	*						*		*
21000 Seminativo semplice asciutto								*		
41200 Noceto										
51111 Fustaia di douglasia						*		*	*	*
51120 Fustaia di pino nero	*	*	*			*		*	*	*
51129 Fustaia di pino insignne						*				
51147 Fustaia di conifere varie	*	*	*			*		*	*	*
51251 Fustaia di castagno			*	*	*	*		*	*	*
51299 Fustaia di latifoglie varie			*	*	*	*		*	*	*
51340 Fustaia conifere e latifoglie			*	*	*	*		*	*	*
52051 Ceduo di castagno				*	*				*	*
52054 Ceduo di cerro		*		*	*				*	*
52080 Ceduo di carpino				*	*				*	*
52099 Ceduo di latif. varie				*	*				*	*
53154 F.trans. di cerro			*	*	*	*			*	*
53251 Ceduo inv. di castagno			*	*	*	*			*	*
53254 Ceduo inv. di cerro			*	*	*	*			*	*
53280 Ceduo inv. di carpino				*	*	*			*	*
53299 Ceduo inv. di latifoglie			*	*	*	*			*	*
56100 Viale parafluoco	*	*					*			
61100 Pascolo nudo		*					*		*	*
65200 Prato stabile	*						*		*	*
70300 Arbusteto	*	*					*		*	*

Tabella 6 - Necessità di habitat trofici (feeding) tra quelli presenti nella sezione B del Piano di Gestione.
Feeding habitat among those of section B of the management plan.

categoria	specie	uccelli						mammiferi			
		resource limited			area limited			ungulati			
		migratore	non		migratore	non					
		Caprimulgus europaeus	Sylvia cantillans	Phoeniceus major	Parus palustris	Circus gallicus	Perisoreus	Falco tinnunculus	Sorex araneus	Capreolus capreolus	Dama dama
codice e descrizione corine land cover toscana V livello		habitat necessari									
11200	Tessuto urbano discontinuo								*		
13100	Aree estrattive	*	*			*	*	*	*	*	*
21000	Seminativo semplice asciutto	*				*	*	*	*	*	*
41200	Noceto										
51111	Fustaia di douglasia	*				*	*	*	*	*	*
51120	Fustaia di pino nero	*	*	*		*	*	*	*	*	*
51129	Fustaia di pino insigne	*				*	*	*	*	*	*
51147	Fustaia di conifere varie	*	*	*		*	*	*	*	*	*
51251	Fustaia di castagno	*		*	*				*	*	*
51299	Fustaia di latifoglie varie	*		*	*				*	*	*
51349	Fustaia conifera e latifoglie	*		*	*				*	*	*
52051	Ceduo di castagno	*		*	*				*	*	*
52054	Ceduo di cerro	*	*		*				*	*	*
52080	Ceduo di carpino	*		*	*				*	*	*
52099	Ceduo di latif. varie	*		*	*				*	*	*
53154	F.trans. di cerro	*	*	*	*				*	*	*
53251	Ceduo inv. di castagno	*		*	*				*	*	*
53254	Ceduo inv. di cerro	*	*	*	*				*	*	*
53280	Ceduo inv. di carpino	*		*	*				*	*	*
53299	Ceduo inv. di latifoglie	*	*	*	*				*	*	*
56100	Viale parafuoco	*	*			*	*	*	*	*	*
61100	Pascolo nudo	*				*	*	*	*	*	*
65200	Prato stabile	*				*	*	*	*	*	*
70300	Arbusteto	*	*			*	*	*	*	*	*

della copertura del suolo nelle aree circostanti il complesso di gestione *etc.*).

Inoltre sono state considerate anche due specie di ungulati oggi diffuse nell'area di studio (PEDROTTI *et al.* 2001) capriolo (*Capreolus capreolus*) e daino (*Dama dama*), anche in funzione del loro impatto sui sistemi forestali, le cui necessità di habitat in termini di uso del suolo, sono indicate nelle Tabelle 5 e 6.

Risultati

Atlante del territorio

Gli strati informativi (tematismi) ottenuti sono stati organizzati in 8 *view*, nell'ambito di un file *.apr. Queste si riferiscono alle principali questioni conoscitive/analitico/gestionali da affrontare ai fini del progetto, nonché funzionali all'elaborazione della revisione del Piano di gestione. Le *view* sono brevemente descritte nella Tabella 7. Alcune di esse sono rappresentate nelle Tavole 6-10 (in allegato). Le *view* (3-7), in particolare consentono di apprezzare il contesto della Sezione B ai livelli regionale, territoriale, vegetazionale, gestionale, selvicolturale e infra-selvicolturale, attraverso il passaggio dalle scale più piccole (1:1.000.000) a

scale grandi (1:10.000), con riferimento al *set* di scale individuato (MAIROTA *et al.* 2002) per la descrizione della gerarchia della *patchiness* attinente alla gestione forestale (Tavola 1 in allegato).

Analisi transcalare

L'analisi al *landscape level* svolta computando le metriche e gli indici sull'insieme delle *patch* I, senza riferimento alle classi, nelle due situazioni *ex ante* ed *ex post* rispetto all'applicazione del PdG, suggerirebbe che l'applicazione del piano non determini effetti sulla struttura del paesaggio in quanto non si rileva alcun cambiamento nei valori assunti dagli indici TA, NP e LPI. Ciò è dovuto al fatto che il PdG non determina né perdite né aumenti della superficie totale e del numero di *patch* I, ma solo spostamenti di queste da una classe all'altra.

L'applicazione del PdG, tuttavia, agisce sulle *patch* I determinando cambiamenti del "tipo di struttura": *patch* di I ordine con un dato "tipo di struttura" vengono "reclutate", per effetto degli interventi e/o del trascorrere del tempo, in altri "tipi di struttura". Quindi i cambiamenti possono essere evidenziati mediante l'integrazione dei dati elementari delle *patch* I al *class level*. Le *class* (*sensu* MCGARIGAL *et al. op. cit.*) sono costituite dall'insieme delle *patch* I appartenenti a ciascuna categoria di "tipo di struttura". Pur se le *patch* I classificate come altre superfici (AS) non sono coinvolte nella dinamica né in termini areali, né in termini di numerosità, esse sono state considerate nelle elaborazioni in quanto, non essendo caratterizzate da vegetazione a bosco, rivestono un ruolo imprescindibile per lo svolgimento delle attività trofiche e riproduttive di molte specie della fauna selvatica, e quindi nella funzionalità del paesaggio. La loro distribuzione in categorie di uso del suolo, in termini di estensione e di numerosità delle *patch*, è illustrata nella Figura 2.

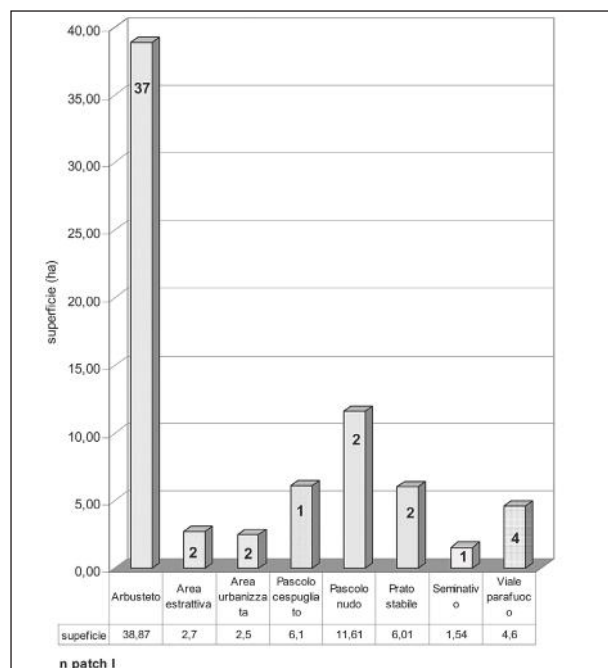
Quando si considera la numerosità delle *patch* I, ricordando che il loro numero complessivo rimane costante nel tempo, con l'applicazione del PdG ci si aspettava una variazione a livello di numerosità delle *patch* I delle varie *class*. La mediana del numero di *patch* per categoria di tipo di struttura ($class_{TS}$), computata quindi al *landscape level*, risulta maggiore (38) rispetto alla situazione *ex ante* (26). I valori dell'IQR (IQR_{exante} 38,0, IQR_{expost} 64,5) indicano una ridistribuzione del numero di *patch* I nell'ambito delle $class_{TS}$ nel senso di una aumento della variabilità in termini

Tabella 7 -Organizzazione dell'Atlante del territorio.
Atlas of the territory organisation.

questioni e view	fonte dei dati	strati informativi	note	tavole e figure di riferimento
1 base cartografica	ctr	confini comunali punti noti punti quota urbanizzato puntuale entità puntuali archi viari archi idrici curve di livello entità lineari aree urbanizzate aree idriche aree di isolato entità areali	strati informativi desunti dalla mosaicatura (ottenuta mediante una procedura di merge delle coperture omologhe in cui è articolata ciascuna sezione sezione CTR) delle sezioni CTR nel cui ambito ricade il complesso gestionale studiato contiene anche il mosaico delle ortofoto e la Carta della viabilità e degli Interventi del Piano di gestione.	
	ortofoto	306080, 306070, 306040, 306030		
2 inquadramento amministrativo	carta forestale pdg	carta viabilità e interventi particellare	localizzazione del complesso gestionale studiato rispetto agli ambiti amministrativi (nazionale, regionale, provinciale, comunale, comunità montana)	tavola 1
	carta tipi forestali corine land cover sit regione toscana	tipi forestali comuni_limiti amministrativi province toscana		
3 inquadramento regionale	pdg sit regione toscana	particellare_sottoparticelle regione toscana	evidenzia la localizzazione della Sezione B e delle altre sezioni del piano di gestione considerate nelle ricerche di cui ai capitoli precedenti, rispetto ai bacini idrografici regionali, ai parchi nazionali, alle aree protette regionali, ai pSIC del Progetto Natura 2000	tavola 1 figura 2
	pdg sit regione toscana	sezioni efg parchi_nazionali aree_protette_regionali bioitaly bacini_183_line idrografia toscana	(scala di possibile utilizzo 1:1.000.000 e minori)	
4 inquadramento territoriale	corine land cover	comuni_limiti amministrativi	insieme dei territori dei comuni interessati dalla Comunità montana delle Colline Metallifere e localizzazione del complesso gestionale studiato rispetto alla classificazione del territorio regionale in sistemi di paesaggio (scala di possibile utilizzo 1:250.000-1:100.000)	tavola 1 tavola 6 (riquadro)
	carta tipi forestali sit regione toscana pdg sit regione toscana	area-cm-metallifere province toscana particellare pistemi paesaggio		
5 inquadramento vegetazionale	pdg	particellare	evidenzia il contesto della copertura del suolo e delle tipologie forestali in cui è inserito il complesso forestale studiato (scala di possibile utilizzo 1:100.000-1:70.000)	
	corine_metallifere	comuni_limiti amministrativi copertura del suolo		tavola 1 -tavola 6
	carta tipi forestali pdg	tipi forestali particellare_dati stazionali particellare_dati stazionali_formazioni culturali	evidenzia la distribuzione spaziale dei tipi di struttura e dei tipi di formazioni del complesso forestale studiato e consente di apprezzare il grado di contrasto interno della matrice forestale (scala di possibile utilizzo 1:50.000-1:10.000)	tavola 7 tavola 1 tavola 8 tavola 9
	ctr	archi idrici curve di livello		
	carta forestale	carta viabilità e interventi		

Continua dalla pagina precedente
Continues from previous page

questioni e view	fonte dei dati	strati informativi	note	tavole e figure di riferimento
7 inquadramento selvicolturale	pdg progetto ISSEL ARSIA	particellare_dati stazionali particellare_formazioni colturali particellare_interventi localizzazione aree di saggio	rappresenta, ai livelli selvicolturale e infraselvicolturale, le previsioni del piano di gestione. A partire dai dati di questa view è stato possibile appresentare la dinamica del tipo di struttura secondo le scansioni temporali indicate nel testo. A questa scala sono state anche localizzate nell'ambito delle sottoparticelle, le aree di saggio istituite per le indagini selvicolturali, dendrometriche e floristico-vegetazionali negli altri sottoprogetti della ricerca di cui il presente lavoro fa parte. (scala di possibile utilizzo 1:10.000)	tavola 10
	ctr pdg ortofoto	archi idrici curve di livello carta viabilità interventi_1 carta viabilità interventi_2 306080, 306070, 306040, 306030		
8 modello digitale del terreno	pdg basin_delineation ctr	particellare_dati stazionali basin05, basin07, basin09 isopise, isoipse_grid curve di livello archi idrici	una rappresentazione tridimensionale della superficie dell'area di interesse per la Sezione B , ottenuta mediante la generazione automatica di una TIN (Triangulated Irregular Network), a partire dalla mosaicatura delle curve di livello delle sezioni di CTR A questo modello digitale del terreno è stata associata la delimitazione dei tre micro-bacini idrografici che interessano il complesso forestale studiato. La delimitazione di tali bacini è stata effettuata con l'ausilio della estensione Basin1 (PETRAS, 2003) scaricabile gratuitamente dal sito ESRI. (scala di possibile utilizzo 1:25.000-1:10.000)	



di consistenza numerica.

Sempre al *landscape level*, la matrice di cambiamento (FORMAN e GODRON *op.cit.*) (Tabella 8) permette di apprezzare contemporaneamente le variazioni di importanza relativa di tutte le *class* in termini di NP e, soprattutto i rapporti dinamici diretti tra ognuna delle *class* e le altre.

In particolare attraverso la matrice si evidenzia:

- una diminuzione delle *class*_{TS} dovuta alla scomparsa delle *class* F2 (posticcia) e F3 (peticiaia);
- il passaggio dalla *class* C2 rispettivamente alla classe C1 ed alla *class* F5 (fustaie mature) del 43,3 e del 33% delle *patch* I;
- la consistenza (80,5%) del passaggio alla *class* F5 delle *patch* F3.

Figura 2 - Distribuzione delle "altre superfici" in categorie di uso del suolo (estensione e numerosità delle *patch* I).
Distribution of "other areas" in landuse types(area and patch I number).

Anche riguardo alla estensione delle $class_{TS}$ in termini assoluti (CA) e relativi di percentuale di paesaggio occupata da ciascuna $class_{TS}$ (PLAND) si evidenzia l'aumento dell'importanza della $class_{TS}$ C1 e di quella F5 (Figura 3). Pur se le mediane delle estensioni delle varie $class_{TS}$ non risultano differenti nelle due situazioni per effetto delle AS, i valori dell'IQR ($IQR_{ex\ ante}$ 76,1; $IQR_{ex\ post}$ 263,9) sembrerebbero indicare un aumento della variabilità (al *landscape level*) in termini di importanza relativa delle varie *class*.

Le ricadute al livello del paesaggio forestale possono essere rappresentate attraverso la matrice di cambiamento (FORMAN e GODRON *op.cit.*) riportata in Tabella 9. Inoltre, l'indice di SHANNON e la curva di importanza/diversità (ottenuti a partire dagli stessi dati) permettono di specificare questo risultato evidenziando come l'aumento di variabilità nella distribuzione delle superfici sia dovuto in effetti ad una riduzione, al *landscape level*, della eterogeneità in termini di importanza relativa per estensione delle varie *class*. Infatti, l'indice di SHANNON, passa da 1,44 della situazione *ex ante* a 1,25 della situazione *ex post*. Tale riduzione è anche evidente dal cambiamento della forma della curva di importanza/diversità. Il confronto tra le curve I/D nelle due situazioni (Figura 4), evidenzia, infatti, come la maggiore eterogeneità (sempre in termini di estensione delle *class*) della situazione *ex ante* fosse determinata, nonostante la componente di dominanza dei cedui invecchiati C2, dalla più equa ripartizione della superficie tra le altre classi, oltre che

Tabella 9 - Matrice di cambiamento della superficie (CA e PLAND) delle classi di tipo di struttura.
Change matrix of structure type class extension (CA and PLAND).

		ex ante							
ha		C1	C2	F2	F3	F4	F5	AS	Totali
ex post	C1	110,14	1,10			6,20			117,44
	C2	428,49	242,38			97,10			767,97
	F2					12,23			12,23
	F3					9,95	105,78		115,73
	F4					68,77			68,77
	F5					4,30			4,30
	AS							73,93	73,93
Totali		538,63	243,48	0,00	0,00	9,95	294,38	73,93	1160,37
		ex ante							
%		C1	C2	F2	F3	F4	F5	AS	Totali
ex post	C1	93,78	0,94				5,28		100
	C2	55,80	31,56				12,64		100
	F2						100,00		100
	F3					8,60	91,40		100
	F4						100,00		100
	F5						100,00		100
	AS							100,00	100

Tabella 8 - Matrice di cambiamento del numero di patch I per classe di tipo di struttura.
Change matrix for patch I number by structure type class.

		ex ante							
ex post		C1	C2	F2	F3	F4	F5	AS	Totali
ex post	C1	17	2				7		26
	C2	68	36				53		157
	F2						5		5
	F3					7	29		36
	F4						6		6
	F5						2		2
	AS							51	51
Totali		85	38	0	0	7	102	51	283

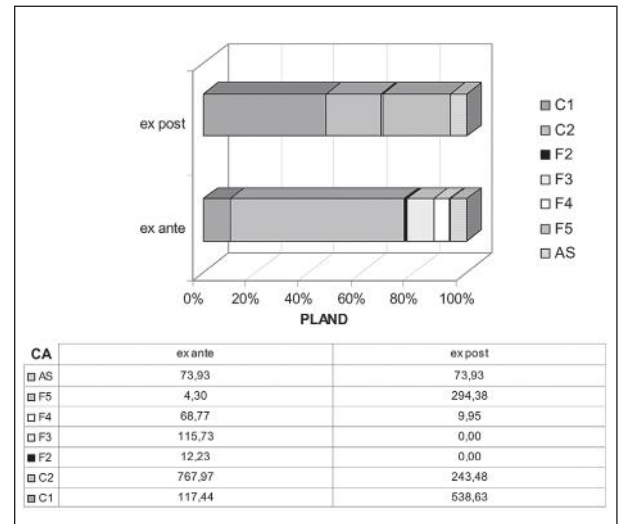


Figura 3 - Variazioni della distribuzione della superficie delle classi tipo di struttura, valori assoluti (CA) e percentuali (PLAND).
Variation of classes by structure type extension, absolute (CA) and percentage (PLAND) values.

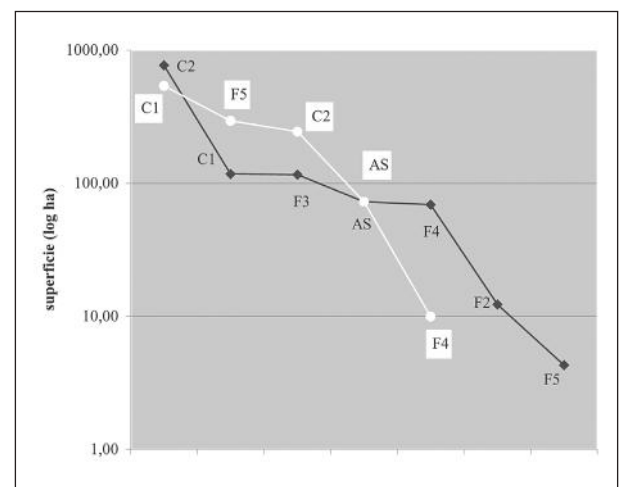


Figura 4 - Curve di importanza-diversità dei tipi di struttura i termini di estensione nella situazione ex ante (linea nera) e nella situazione ex post (linea bianca).
Importance-diversity curves for structure type classes by extension ex ante (black line) and ex post (white line).

dalla maggiore ricchezza di classi. Inoltre le curve I/D, di supporto alla matrice di cambiamento, evidenziano chiaramente il passaggio di rango sia dei cedui a regime (C1) sia delle fustaie (F5) che, insieme ai C2, rappresentano nella situazione *ex post* i principali “tipi di struttura presenti”. In particolare l’aumento netto di C1 dipende dalla ripresa delle ceduzioni in gran parte a carico di C2; quello di F5, oltre che all’avviamento a fustaia di una parte di C1 e C2, è dovuto anche al passaggio a stadi più maturi delle fustaie più giovani, comprese quelle transitorie.

Si nota anche il venir meno della relazione diretta tra numero di *patch* ed estensione della *class* ($r^2_{\text{ex ante}} = 0,93; r^2_{\text{ex post}} = 0,55$), cioè ad un numero di *patch* elevato non corrisponde necessariamente nella situazione *ex post* una elevata estensione della *class*.

Riguardo alla dimensione media delle *patch* I, al *class level* se ne osserva un generale aumento. Unica eccezione è rappresentata dalle fustaie adulte (F4) che oltre a diminuire in termini di numero di *patch* e di superficie, nella situazione *ex post* sono costituite da *patch* di minori dimensioni medie (Figura 5).

Il confronto tra le *class* (integrazione di *class level* al *landscape level*) è possibile attraverso un indice di densità di *patch* per ciascuna classe (espresso dal rapporto tra il numero delle *patch* e l’estensione di ciascuna *class*) che rappresenta il reciproco della dimensione media delle *patch* di quella *class*_{TS}. Tale confronto (Figura 6), che evidenzia la diminuzione del valore mediano da 0,31 a 0,16, conferma, a livello di *landscape*, il risultato al *class level*. Ancora una volta, l’aumento del IQR (IQR_{ex ante} 0,224, IQR_{ex post} 0,440), indica una maggiore variabilità delle densità di *class* tra le *class*.

L’LPI (rapporto tra l’area della *patch* più estesa e la TA) non varia evidentemente al *landscape level* (LPI=3,76), mentre al *class level* (dove LPI è dato dal rapporto tra la *patch* più estesa di ciascuna *class* e la TA) si notano cambiamenti solo per le *class* F4 e F5. La *patch* di maggiori dimensioni dell’intero paesaggio forestale passa (Tabella 10), nella situazione *ex post* dal tipo di struttura delle fustaie adulte (F4) a quello delle fustaie mature (F5), mentre per il tipo strutturale delle fustaie adulte (F4) il valore di questo indice risulta invertito nel passaggio temporale, indicando un drastico abbassamento delle dimensioni delle *patch* di questa *class*.

Le *patch* I possono essere classificate (*patch level*) oltre che secondo il “tipo di struttura”, anche secondo

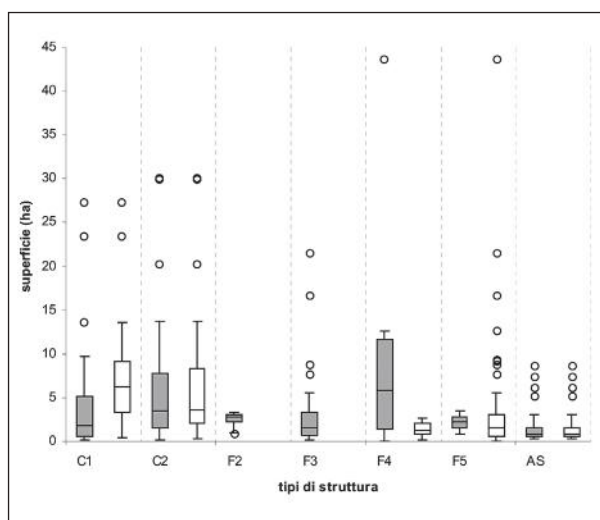


Figura 5 - Boxplot affiancati riferiti ai valori medi (mediana) e di variabilità (IQR) della dimensione delle patch I nelle situazioni *ex ante* (grigio) ed *ex post* (bianco) delle classi di tipo di struttura.

Boxplots for mean (median) and variability (IQR) of patch I size ex ante (grey) and ex post (white) by structure type class

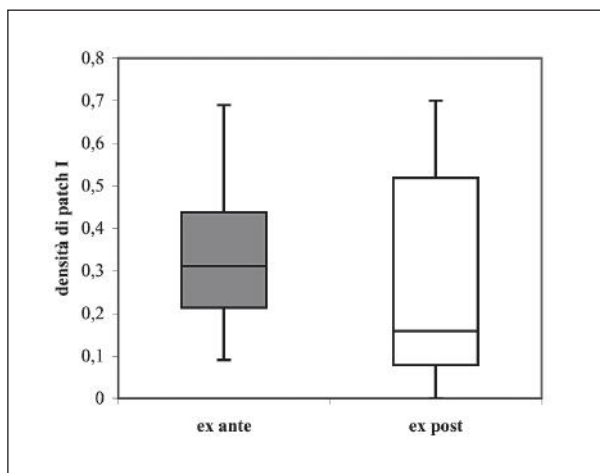


Figura 6 - Boxplot affiancati riferiti ai valori medi (mediana) e di variabilità (IQR) della densità di patch I delle classi di tipo strutturale situazioni *ex ante* (grigio) ed *ex post* (bianco).

Boxplots for mean (median) and variability (IQR) of patch I density ex ante (grey) and ex post (white) by structure type class.

Tabella 10 - Indice di patch di maggiori dimensioni (LPI) al *landscape* (corsivo) e al *class level* nelle due situazioni *ex ante* e *ex post* per le classi di tipo di struttura.

Largest patch index (LPI) at both landscape (italic) and class level by structure type class, ex ante and ex post.

<i>class</i> _{TS}	<i>ex ante</i>	<i>ex post</i>
C1	2,35	2,35
C2	2,59	2,59
F2	0,29	0
F3	1,85	0
F4	3,76	0,22
F5	0,29	3,76
AS	0,74	0,74

Tabella 11a - Matrice tipo strutturale-tipo di formazione ex ante - superficie (ha) e (NP).
Structure-land use type ex ante-area and (NP).

	Altre superfici	Castagno da frutto	Ceduo di carpino	Ceduo di castagno	Ceduo di cerro	Ceduo di latifoglie varie	Ceduo invecchiato di carpino	Ceduo invecchiato di castagno	Ceduo invecchiato di cerro	Ceduo invecchiato di cerro e roverella	Ceduo invecchiato di latifoglie	Fustaia di conifere e latifoglie	Fustaia di conifere varie	Fustaia di douglasia	Fustaia di latifoglie varie	Fustaia di pino insigne	Fustaia di pino nero	Fustaia transitoria di cerro	Fustaia transitoria di latifoglie varie	Noceto	Totali
C1					100,8 (17)	8,24 (6)			8,4 (3)												117,44 (26)
C2			4,7 (2)	0,8 (1)	271,21 (65)	14,47 (2)	52,26 (14)	9,21 (1)	242,31 (51)	6,1 (3)	166,91 (18)										767,97 (157)
F2													2,82 (1)	2,2 (1)			3,88 (2)			3,33 (1)	12,23 (5)
F3												8,52 (2)	41,65 (12)	0,3 (1)	14,39 (5)	10,34 (8)	12,62 (5)	27,91 (3)			115,73 (36)
F4																	10,03 (2)	58,74 (4)			68,77 (6)
F5		4,3 (2)																			4,3 (2)
AS	73,93 (51)																				73,93 (51)
Totali	73,93 (51)	4,3 (2)	4,7 (2)	0,8 (1)	372,01 (82)	22,71 (8)	52,26 (14)	9,21 (1)	250,71 (54)	6,1 (3)	166,91 (18)	8,52 (2)	44,47 (13)	2,5 (2)	14,39 (5)	10,34 (8)	26,53 (9)	86,65 (7)	0 (0)	3,33 (1)	1160,37 (283)

Tabella 11b - Matrice tipo strutturale-tipo di formazione ex post - superficie (ha) e (NP).
Structure-land use type ex post-area and (NP).

	Altre superfici	Castagno da frutto	Ceduo di carpino	Ceduo di castagno	Ceduo di cerro	Ceduo di latifoglie varie	Ceduo invecchiato di carpino	Ceduo invecchiato di castagno	Ceduo invecchiato di cerro	Ceduo invecchiato di cerro e roverella	Ceduo invecchiato di latifoglie	Fustaia di conifere e latifoglie	Fustaia di conifere varie	Fustaia di douglasia	Fustaia di latifoglie varie	Fustaia di pino insigne	Fustaia di pino nero	Fustaia transitoria di cerro	Fustaia transitoria di latifoglie varie	Noceto	Totali
C1			2,7 (1)	0,8 (1)	520,85 (77)	14,28 (6)															538,63 (85)
C2							54,26 (15)	16,28 (4)	6,1 (3)	166,8 (6)											243,44 (28)
F2																					0 (0)
F3																					0 (0)
F4													2,4 (1)		7,55 (6)						9,95 (7)
F5		13,51 (3)										8,52 (2)	42,07 (12)	2,5 (2)	14,39 (5)	2,79 (2)	26,53 (9)	172,24 (62)	12,43 (4)	3,33 (1)	298,31 (102)
AS	73,93 (51)																				73,93 (51)
Totali	73,93 (51)	13,51 (3)	2,7 (1)	0,8 (1)	520,85 (77)	14,28 (6)	0 (0)	54,26 (15)	16,28 (4)	6,1 (3)	166,8 (6)	8,52 (2)	44,47 (13)	2,5 (2)	21,94 (11)	2,79 (2)	26,53 (9)	172,24 (62)	12,43 (4)	3,33 (1)	1160,37 (283)

il “tipo di formazione” e in funzione dell’età e, di conseguenza, ciascun tipo di struttura ($class_{TS}$) si caratterizza ($class_{level}$) per una propria distribuzione delle patch I in termini di “tipo di formazione” e di età.

Relativamente ai tipi di formazioni reclutate in ciascun “tipo di struttura”, sia in termini di NP sia in termini di superficie (Tabella 11a e 11b), la maggior parte dei nuovi cedui a regime, di provenienza C2, risulta derivato dai cedui di cerro e dai cedui invecchiati di cerro, mentre in C2 rimangono prevalentemente i cedui di latifoglie varie, i cedui invecchiati di latifoglie varie e i cedui invecchiati di carpino.

Nelle fustaie mature (F5) invece confluiscono prevalentemente sia le fustaie transitorie già esistenti al momento della implementazione del piano sia quelle derivate dall’avviamento a fustaia dei cedui di cerro, dei cedui invecchiati di cerro, sia quelle di conifere varie.

Per quanto riguarda l’età, prescindendo dalla stratificazione delle patch I in classi di tipo di struttura,

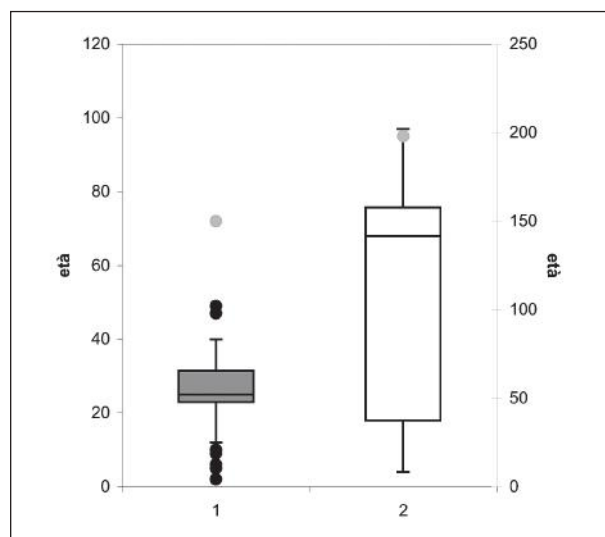


Figura 7 - Boxplot affiancati riferiti ai valori medi (mediana) e di variabilità (IQR) dell’età dei soprassuoli arborei delle patch I nelle situazioni ex ante (grigio) ed ex post (bianco).
Boxplots for mean (median) and variability (IQR) of tree stand age of patch I ex ante (grey) ed ex post (white).

risulta evidente (Figura 7) l'effetto di invecchiamento del PdG sul sistema forestale nel suo complesso (quindi al *landscape level*). Il valore mediano calcolato sulle età di tutte le *patch* forestali passa infatti da 25 a 68, mentre l'aumento del IQR ($IQR_{ex\ ante} = 9$, $IQR_{ex\ post} = 58$) evidenzia una redistribuzione delle *patch* per età nel senso di una maggiore variabilità delle di questo attributo.

Quando si analizza la distribuzione delle *patch* I per classi di età⁹ si nota nella situazione *ex ante* una netta prevalenza della classe con valore centrale 25 anni, mentre nella situazione *ex post* la distribuzione si presenta bimodale in corrispondenza del valore centrale di classe 15 anni e 75 anni.

Questa variazione spiega anche che l'effetto di invecchiamento evidenziato sull'insieme delle *patch* è dovuto proprio all'effetto della ripresa delle ceduzioni su una parte delle *patch* e della conversione a fustaia e dell'abbandono colturale di molti cedui sulla restante parte.

Infatti, lo sdoppiamento (Figura 8) della distribuzione delle *patch* per età nella situazione *ex post* è molto evidente anche quando si esamina la relazione tra superficie delle *patch*, età e tipo di struttura (Figure 9a e 9b).

Si riscontra infatti, come confermato anche dal grafico (Figura 10) che mostra, per ciascun tipo di struttura, nelle due situazioni temporali i valori me-

diani e l'IQR, l'abbassamento dell'età nella $class_{TS}$ C1 e l'aumento in quelle C2 (dovuto all'ulteriore invecchiamento dei cedui invecchiati, ammettendo che non si verificano fenomeni di instabilità delle formazioni), F4 e F5. Le fustaie giovani F2 (posticcia) e F3 (per-ticaia), in particolare vengono reclutate nelle fustaie adulte (F4) e mature (F5), nelle quali confluiscono anche le fustaie transitorie derivanti dalla conversione dei cedui C1 e C2.

Al *class level*, cioè tenendo conto della stratificazione in $class_{TS}$, nel caso di C1, cedui a regime, di cui

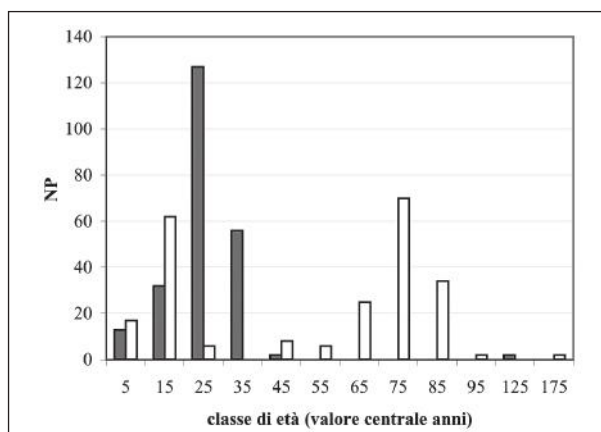


Figura 8 - Distribuzione del numero di patch I nelle classi di età nelle situazioni *ex ante* (grigio) ed *ex post* (bianco).
Distribution of patch I by age class, *ex ante* (grey) and *ex post* (white).

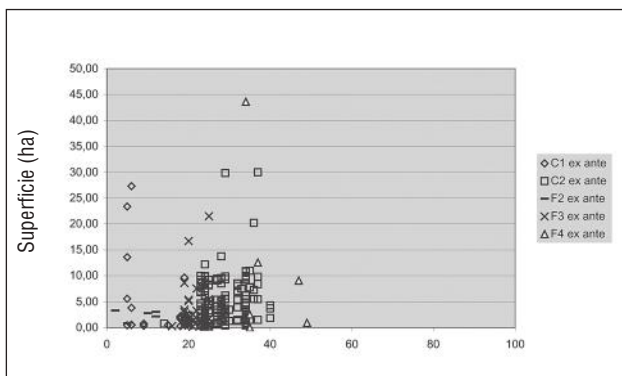


Figura 9a - Relazione tra l'età dei soprassuoli arborei e la dimensione delle patch I per classe di tipo di struttura nella situazione *ex ante*. Per chiarezza di rappresentazione non sono riportati i dati i due dati della classe F5 (età 150; superficie 0,90 e 3,40).

Relationship between tree stand age and patch I size by structure type class, Distribution of patch I by age class, *ex ante*. For legibility data for class F5 are not plotted (age 150; area 0,90 and 3,40).

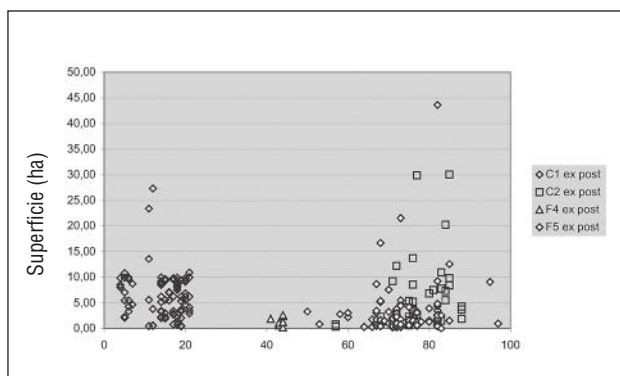


Figura 9b - Relazione tra l'età dei soprassuoli arborei e la dimensione delle patch I per classe di tipo di struttura nella situazione *ex post*. Per chiarezza di rappresentazione non sono riportati i dati i due dati estremi della classe F5 (età 198; superficie 0,90 e 3,40).

Relationship between tree stand age and patch I size by structure type class, Distribution of patch I by age class, *ex post*. For legibility extreme data for class F5 are not plotted (age 198; area 0,90 and 3,40).

⁹Per questa elaborazione le *patch* I sono state riclassificate per classi di età di uguale ampiezza.

entra a far parte anche il 55,80% dei cedui invecchiati, in particolare si evidenzia (Figura 11) la riduzione del numero delle classi di età che da quattro della situazione *ex ante* passano a tre in quella *ex post*, ed in particolare la classe di età 11-20 anni aumenta considerevolmente di importanza assommando il 73% delle *patch* e il 71% della superficie di questa *class_{TS}*. Questo potrà determinare una irregolarità nella ripresa legnosa annua quando i cedui appartenenti a questa classe di età cadranno al taglio; l'anticipo o il ritardo del taglio di alcuni di questi appezzamenti potrà contenere tale irregolarità.

Inoltre, nella situazione *ex ante* si nota la concentrazione delle *patch* I intorno alle classi giovani e per tutti i tipi di struttura la prevalenza di *patch* I di ridotta estensione. Nella situazione *ex post* si evidenzia con chiarezza come le *patch* I di minore estensione si concentrino nelle *class_{TS}* F4 e F5 e diminuisca la variabilità in termini di estensione delle *patch* per la *class_{TS}* C1, mentre in quella C2 tale variabilità aumenti per il confluire in questa classe di *patch* I di dimensioni maggiori.

I cambiamenti evidenziati facendo riferimento ai dati relativi alle *patch* I (*grain*, singole unità elementari), sia nel loro complesso (*landscape level*) sia relativamente alle classi di tipo di struttura, hanno avuto come risultato anche una componente spazialmente esplicita che si manifesta attraverso l'analisi al livello gerarchico superiore (*patch* II).

A questo livello, quando si analizzano i dati per *class_{TS}* (Tabella 12 e Figura 12), marcati appaiono i

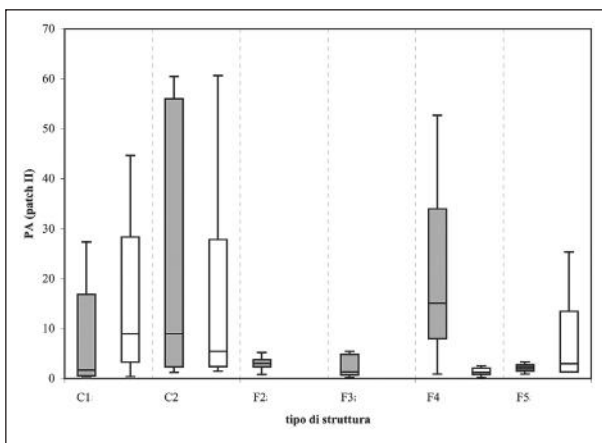


Figura 12 - Boxplot affiancati riferiti ai valori medi (mediana) e di variabilità (IQR) della superficie delle *patch* II per classe di tipo di struttura nelle due situazioni *ex ante* (grigio) ed *ex post* (bianco).
Boxplots for mean (median) and variability (IQR) of patch II size by structure type class, ex ante (grey) and ex post (white).

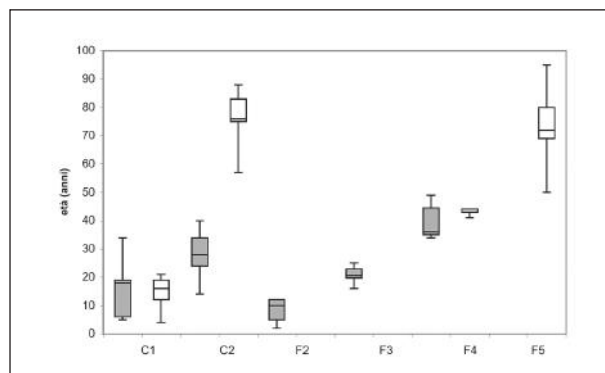


Figura 10 - Boxplot affiancati riferiti ai valori medi (mediana) e di variabilità (IQR) dell'età delle *patch* I per classe di tipo strutturale, nelle due situazioni *ex ante* (grigio) ed *ex post* (bianco).
Boxplots of mean (median) and variability (IQR) of patch I age by structure type, ex ante (grey) and ex post (white).

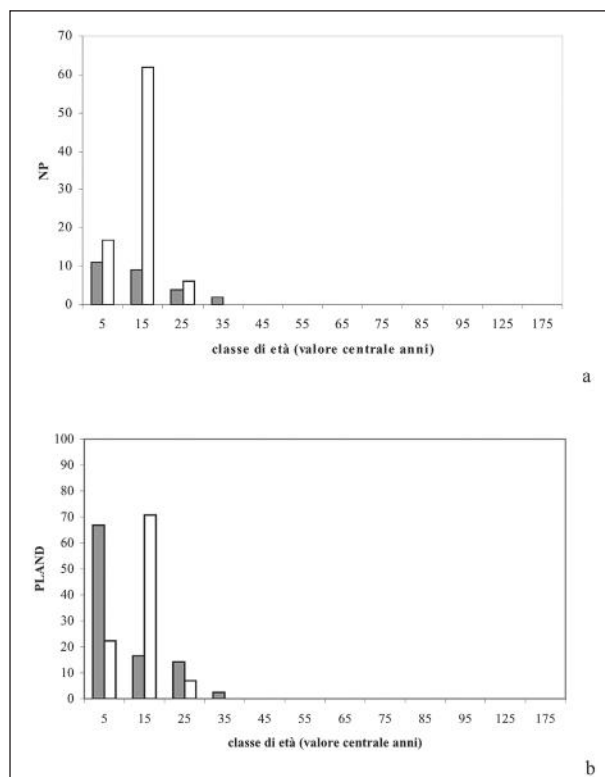


Figura 11 - Distribuzione del numero di *patch* I (a) e della percentuale di superficie (b) della classe di tipo strutturale C1 nelle classi di età nelle situazioni *ex ante* (grigio) ed *ex post* (bianco).
Distribution of patch I (a) and percentage class area (b) by age class, ex ante (grey) and ex post (white).

Tabella 12 - Distribuzione del numero di *patch* II per classe di tipo di struttura nelle due situazioni *ex ante* ed *ex post*.
Distribution of patch II number by structure type class, ex ante and ex post.

	ex ante	ex post
C1	15	21
C2	15	10
F2	4	0
F3	27	0
F4	3	7
F5	2	23
Totale	66	61

cambiamenti dei valori mediani e di IQR per le singole classi, illustrati dalla rappresentazione mediante *boxplot* affiancati relativamente alla estensione delle *patch* II di tipo di struttura ($P_{II,TS}^A$).

In particolare si nota per C1 l'aumento della mediana dell'estensione delle *patch* II che è accompagnato dall'aumento della numerosità delle *patch* II; l'aumento della numerosità (totale e media) delle *patch* di I ordine contenute in quelle di II ordine e la tendenza all'aumento della omogeneità in termini di classi di età delle *patch* di II ordine. Inoltre, per questo tipo di struttura, si fa rilevare come la redistribuzione delle *patch* I porti nella situazione *ex post* a *patch* di II ordine contenenti *grain* con superficie media maggiore.

Per C2 invece si evidenzia sia la diminuzione della estensione mediana sia quella numerosità delle *patch* II, la diminuzione della numerosità (totale e media) delle *patch* I contenute in quelle di II ordine e si conferma l'omogeneità in termini di classi di età delle *patch* di II ordine.

Le *patch* II delle classi F2 e F3 scompaiono, mentre nel caso di F4 si nota la diminuzione della estensione mediana delle *patch* II accompagnata dall'aumento della numerosità delle *patch* II, l'aumento della numerosità (totale e media) delle *patch* di I ordine contenute in quelle di II ordine e si conferma l'omogeneità in termini di classi di età delle *patch* di II ordine.

Infine per F5 si ha l'aumento sia della estensione mediana dell'estensione sia di quella della numerosità delle *patch* II, l'aumento della numerosità (totale e media) delle *patch* I ordine contenute in quelle di II ordine e si conferma l'omogeneità in termini di classi di età delle *patch* II.

A questo livello LPI è dato dal rapporto tra la *patch* II più estesa di ciascuna *class_{TS}* e la TA e si notano (Tabella 13) cambiamenti per le *class* C1, C2, e F5. Il tipo di struttura che nella situazione *ex post* contiene

Tabella 13 - Indice di patch II di maggiori dimensioni (LPIII) al landscape (corsivo) e al class level nelle due situazioni *ex ante* e *ex post* per le classi di tipo di struttura. *Largest patch II index (LPIII) at both landscape (italic) and class level by structure type class, ex ante and ex post.*

	<i>ex ante</i>	<i>ex post</i>
C1	2,51	21,02
C2	22,24	11,04
F2	0,48	0,00
F3	2,58	0,00
F4	0,31	0,24
F5	4,85	12,45

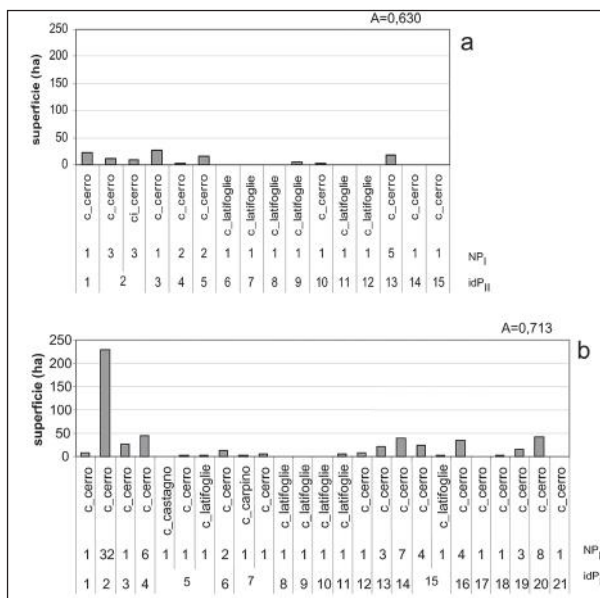


Figura 13 - Distribuzione della superficie delle *patch* II e numero di *patch* I per il tipo di formazione per la *class_{TS}* C1 e indice di distribuzione dei tipi di formazione (A), *ex ante* (a), *ex post* (b). L'identificativo alle *patch* II (*idP_{II}*) è assegnato convenzionalmente; non necessariamente allo stesso id corrisponde la stessa *patch* II nelle due situazioni.

Patch I number and area of each patch II by land use type for class_{TS} F5 and index of distribution of land use types (A), ex ante (a), ex post (b). Id to patch II (idP_{II}) is conventionally assigned; to the same id not always corresponds the same patch in the two situations

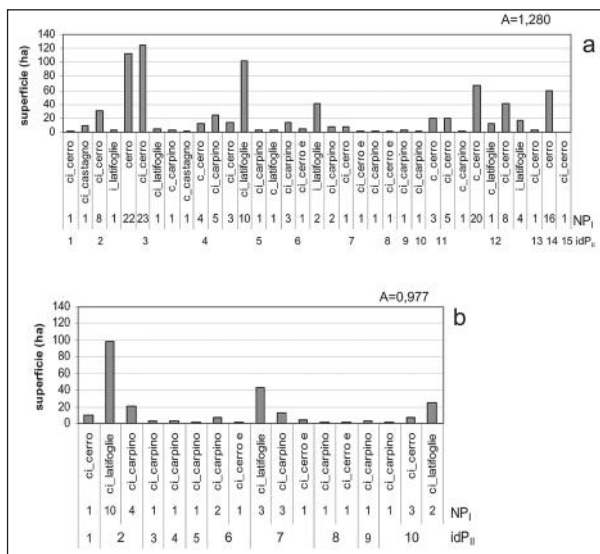


Figura 14 - Distribuzione della superficie delle *patch* II e numero di *patch* I per il tipo di formazione per la *class_{TS}* C2 e indice di distribuzione dei tipi di formazione (A), *ex ante* (a), *ex post* (b). L'identificativo alle *patch* II (*idP_{II}*) è assegnato convenzionalmente; non necessariamente allo stesso id corrisponde la stessa *patch* II nelle due situazioni. *Patch I number and area of each patch II by land use type for class_{TS} F5 and index of distribution of land use types (A), ex ante (a), ex post (b). Id to patch II (idP_{II}) is conventionally assigned; to the same id not always corresponds the same patch in the two situations.*

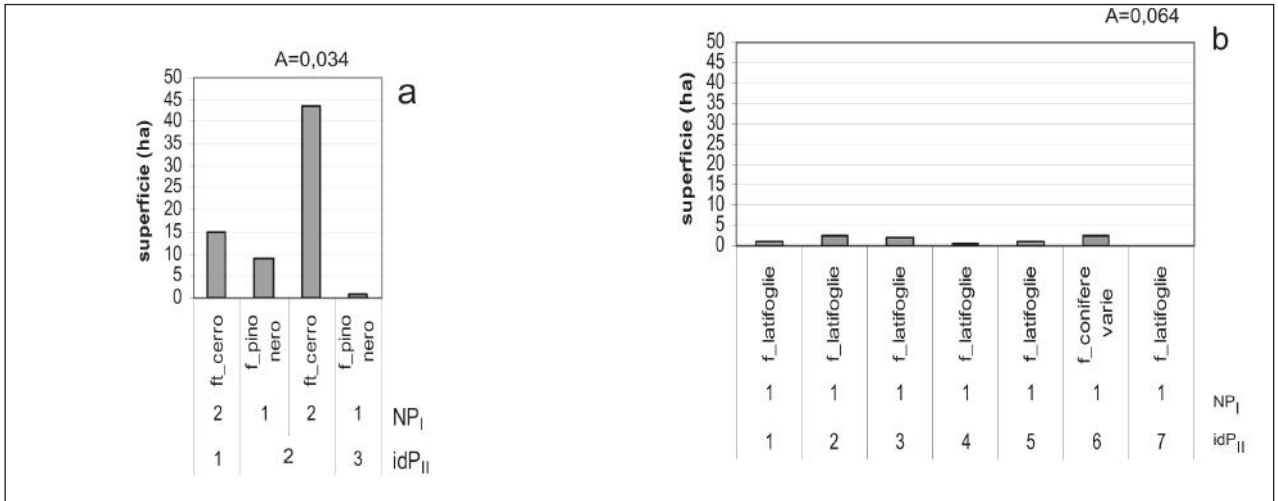


Figura 15 - Distribuzione della superficie delle patch II e numero di patch I per il tipo di formazione per la class_s F4 e indice di distribuzione dei tipi di formazione (A), ex ante(a), ex post (b). L'identificativo alle patch II (idP_{II}) è assegnato convenzionalmente; non necessariamente allo stesso id corrisponde la stessa patch II nelle due situazioni.

Patch I number and area of each patch II by land use type for class_s F5 and index of distribution of land use types(A), ex ante (a), ex post (b). Id to patch II (idP_{II}) is conventionally assigned; to the same id not always corresponds the same patch in the two situations.

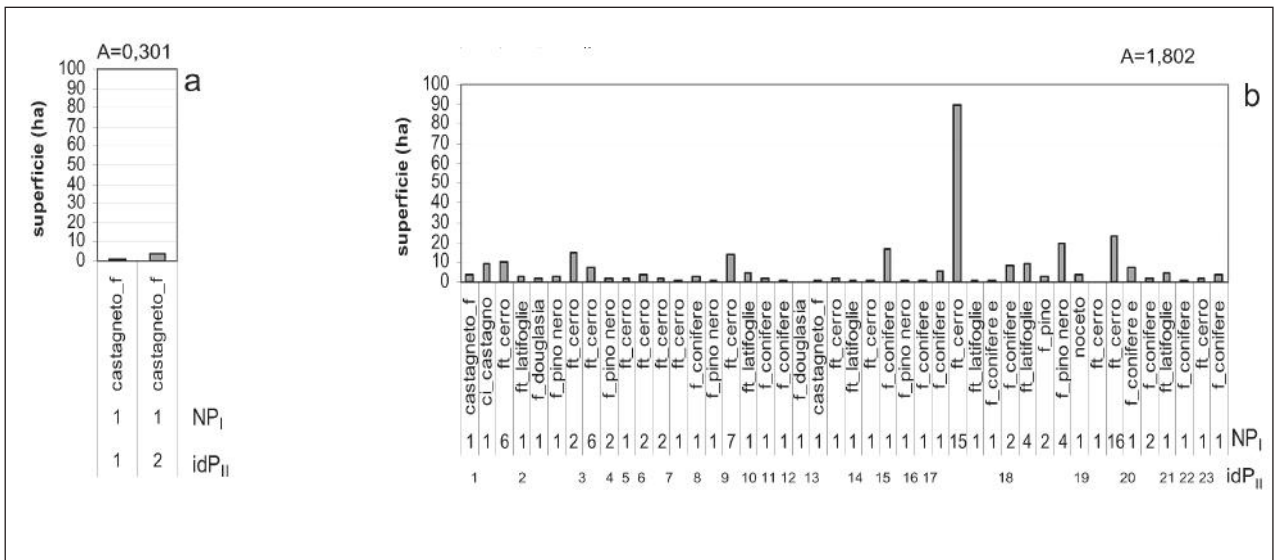


Figura 16 - Distribuzione della superficie delle patch II e numero di patch I per il tipo di formazione per la class_s F5 e indice di distribuzione dei tipi di formazione (A), ex ante(a), ex post (b). L'identificativo alle patch II (idP_{II}) è assegnato convenzionalmente; non necessariamente allo stesso id corrisponde la stessa patch II nelle due situazioni.

Patch I number and area of each patch II by land use type for class_s F5 and index of distribution of land use types(A), ex ante (a), ex post (b). Id to patch II (idP_{II}) is conventionally assigned; to the same id not always corresponds the same patch in the two situations.

la patch II di maggiori dimensioni dell'intero paesaggio forestale è quella dei cedui a regime (C1) seguita da quella delle fustaie mature (F5).

Le Figure 13-16 riportano le frequenze assolute del numero di patch di I degli i ($i=1 \div S$) tipi di formazione ordine di ciascuna patch in II ordine j ($j=1 \div Z$) e la loro importanza in termini di superficie, per ciascuno tipo di struttura nella situazione *ex ante* alla situazione *ex post*.

Per C1 si nota l'aumento dei tipi di formazione presenti e questo, insieme all'aumento dell'importanza di questa classe in termini areali, determina l'aumento del valore di A.

Nel caso di C2, l'aumento dell'omogeneità interna sembra da mettere in relazione alla diminuzione dei i tipi di formazione oltre che alla diminuzione delle patch II e della loro superficie complessiva. Per F4 l'aumento della diversità, non rilevandosi variazioni

nel numero dei tipi di formazione presenti (pur variando i tipi stessi in quanto secondo le previsioni del PdG le fustaie di Pino insigne saranno sostituite da fustaie di latifoglie varie) potrebbe essere determinata dall'aumento della numerosità delle *patch* II. Per F5 si riscontra una tendenza simile a quella rilevata per C1. In questo caso, l'aumento della variabilità interna deriva evidentemente, sia dall'aumento dei tipi di formazione (dovuta al reclutamento in questo tipo di struttura di molte di quelle indicate come ceduo nella situazione *ex ante* attraverso interventi di avviamento a fustaia) sia dall'aumento dell'incidenza areale di questa classe.

Il valore dell'indice R (Tabella 14), riferito a ciascuno dei tipi di struttura aumenta per C1 denotando una sia pur lieve tendenza alla disaggregazione, per C2 rimane sostanzialmente invariato, mentre la sua diminuzione sia per F4 sia per F5 indica una tendenza all'aggregazione.

L'ASL (calcolato per le *patch* II di ciascuna *class_{TS}*) segnala per le *patch* II C1 ($ALS_{ex\ ante} = 204,01$; $ASL_{ex\ post} = 284,95$) e F5 ($ALS_{ex\ ante} = 96,46$; $ASL_{ex\ post} = 179,32$) un maggior grado di interconnessione nella situazione *ex post* e di maggiore isolamento per quelle C2 ($ALS_{ex\ ante} = 350,78$; $ASL_{ex\ post} = 254,71$) e F4 ($ALS_{ex\ ante} = 297,80$; $ASL_{ex\ post} = 61,07$).

Il valore assunto dall'indice di compattezza della forma (Figura 17) indica il passaggio da forme relativamente più compatte a forme relativamente meno compatte per le *patch* II della classe C1 e soprattutto per quelle della classe F5, nel qual caso ciò trova riscontro nel fatto che la gran parte di queste fustaie hanno una forma allungata e sinuosa essendo derivate dall'avviamento a fustaia di formazioni a ceduo presenti lungo le strade ed i corsi d'acqua. Invariata appare da questo punto di vista la situazione delle *patch* II

Tabella 14 - Indice di aggregazione (R) al *class_{TS}* e al landscape level (corsivo), nelle due situazioni *ex ante* ed *ex post*.
*Aggregation index (R) at both *class_{TS}* and landscape level (italic), *ex ante* and *ex post*.*

<i>class_{TS}</i>	<i>ex ante</i>	<i>ex post</i>
C1	0,619	0,834
C2	0,753	0,767
F2	0,835	0,000
F3	0,503	0,000
F4	1,210	0,248
F5	1,748	0,616
AS	0,630	0,630
media	0,900	0,442
deviazione standard	0,438	0,354
CV	48,666	80,130

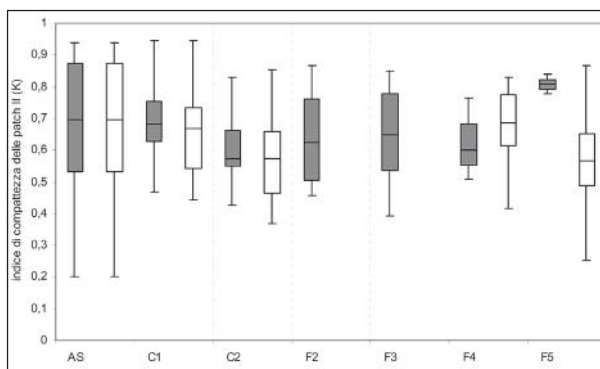


Figura 17 – Boxplot affiancati riferiti ai valori medi (mediana) e di variabilità (IQR) dell'indice di compattezza della forma delle *patch* II per tipo di struttura nelle situazioni *ex ante* (grigio) ed *ex post* (bianco).
*Boxplots for mean and variability (IQR) of patch II by structure type, *ex ante* (grey) and *ex post* (white).*

della classe C2, mentre una maggiore compattezza si rileva per quelle della classe F4.

Una componente spazialmente esplicita si evidenzia (Tavola 11 in allegato) anche al livello ancora superiore (III livello) con il cambiamento della numerosità delle *patch* II, del LPI, della loro aggregazione nello spazio e del grado di contrasto.

Considerando l'insieme dei *cluster* di ciascuna *class_{TS}*, si apprezza una riduzione del valore mediano del NPII per classe e l'aumento dell'IQR nella situazione *ex post*, indica una maggiore variabilità nella distribuzione del NPII tra le classi (Figura 18).

Il LPI di *landscape level* (rapporto tra l'area della *patch* II più estesa e la TA) varia tra le due situazioni ($LPIII_{ex\ ante} = 22,24$; $LPIII_{ex\ post} = 21,02$, Tabella n°13 in corsivo) dal momento che a questo livello gerarchico si verifica una riorganizzazione delle *patch* I in *patch* II.

Il valore dell'indice di aggregazione medio indica per la situazione *ex ante* una condizione di aggregazione casuale, mentre per la situazione *ex post* evidenzia un aumento della all'aggregazione.

L'ASL calcolato sull'insieme di tutte le *patch* II ($ALS_{ex\ ante} = 315,01$; $ASL_{ex\ post} = 230,31$) segnala a livello complessivo una maggiore frammentazione delle *patch* II e quindi un maggiore contrasto del paesaggio forestale.

Il valore assunto dall'indice di compattezza della forma calcolato sull'insieme di tutte le *patch* II fa rilevare il passaggio da forme relativamente più compatte a forme relativamente meno compatte (Figura 19).

Bioindicatori

Gli effetti dell'applicazione del PdG sulla disponi-

III. Ipotesi sugli esiti a medio-lungo termine della gestione forestale attuale sulla conservazione della biodiversità

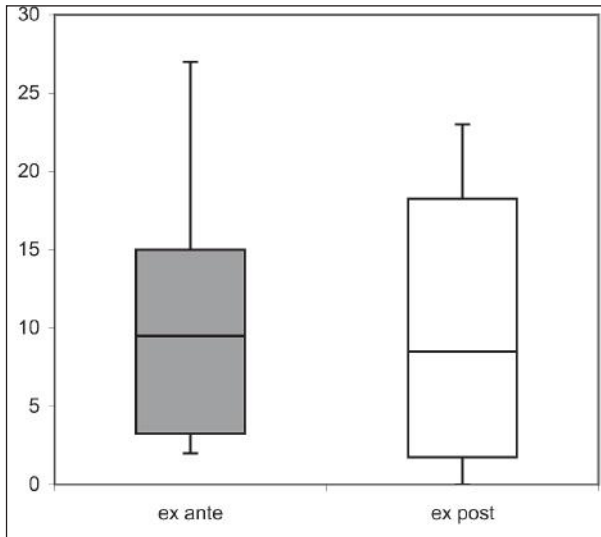


Figura 18 - Boxplot affiancati riferiti ai valori medi (mediana) e di variabilità (IQR) della numerosità delle patch II nelle situazioni ex ante (grigio) ed ex post (bianco).
Boxplots for mean (median) and variability (IQR) of patch II number, ex ante (grey) and ex post (white).

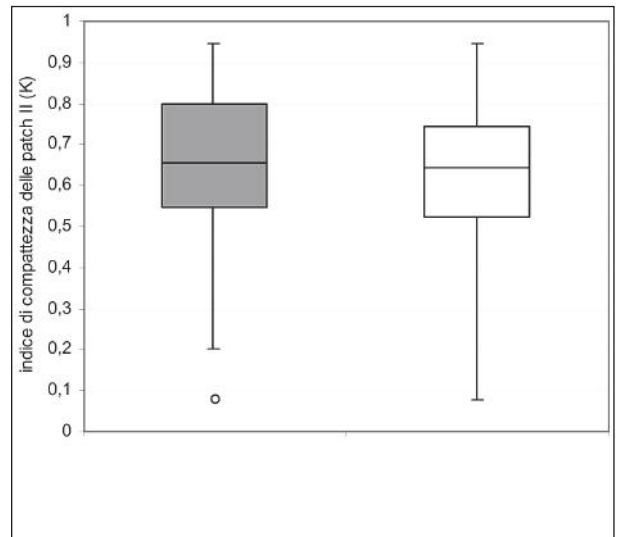


Figura 19 - Boxplot affiancati riferiti ai valori medi (mediana) e di variabilità (IQR) dell'indice di compattezza della forma dell'insieme delle patch II nelle situazioni ex ante (grigio) ed ex post (bianco).
Boxplots for mean and variability (IQR) of complex of patch II, ex ante (grey) and ex post (white)

Tabella 15a Disponibilità di habitat per la fase fenologica riproduttiva (breeding) ex ante.										
habitat disponibili (ha)										
categoria	specie	uccelli								
		resource limited			area limited					
		migratore	non migratore	migratore	non migratore	migratore	non migratore			
	habitat	Caprimulgus europaeus	Sylvia cantillans	Picoides major	Parus palustris	Circus gallicus	Pernis apivorus	Falco tinnunculus	Strix aluco	
T	totale	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	
H	disponibile	113,15	207,94	461,66	888,91	847,65	506,00	35,06	774,77	
B	bosco	60,97	161,77	461,66	888,91	847,65	506,00	0,00	772,27	
C1	cedui a regime		100,80		117,44	16,64	8,40			
C2	cedui invecchiati			447,33	767,17	767,97	424,53		767,97	
F2	fustaie posticcia	6,70	6,70							
F3	fustaie perticaie	54,27	54,27							
F4	fustaie adulte			10,03		58,74	68,77			
F5	fustaie mature			4,30	4,30	4,30	4,30		4,30	
AS	altre superfici	52,18	46,17					35,06	2,50	

Tabella 15a Disponibilità di habitat per la fase fenologica riproduttiva (breeding) ex post.										
habitat disponibili (ha)										
categoria	specie	uccelli								
		resource limited			area limited					
		migratore	non migratore	migratore	non migratore	migratore	non migratore			
	habitat	Caprimulgus europaeus	Sylvia cantillans	Picoides major	Parus palustris	Circus gallicus	Pernis apivorus	Falco tinnunculus	Strix aluco	
T	totale	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	
H	disponibile	52,18	353,75	508,13	747,80	1009,61	679,69	35,06	488,66	
B	bosco	0,00	307,58	508,13	747,80	1009,61	679,69	0,00	486,16	
C1	cedui a regime		307,58			318,22	538,63		220,41	
C2	cedui invecchiati				209,63	209,63	243,48		209,63	
F2	fustaie posticcia									
F3	fustaie perticaie									
F4	fustaie adulte				9,95		7,55		7,55	
F5	fustaie mature				288,55	219,95	288,26		248,98	
AS	altre superfici	52,18	46,17					35,06	2,50	

habitat disponibili (%)										
categoria	specie	uccelli								
		resource limited			area limited					
		migratore	non migratore	migratore	non migratore	migratore	non migratore			
	habitat	Caprimulgus europaeus	Sylvia cantillans	Picoides major	Parus palustris	Circus gallicus	Pernis apivorus	Falco tinnunculus	Strix aluco	
T	totale	100	100	100	100	100	100	100	100	
H/T	disponibile	10	18	40	77	73	44	3	67	
B/H	bosco	54	78	100	100	100	100	0	100	
C1/B	cedui a regime		62		13	2	2		0	
C2/B	cedui invecchiati			97	86	91	84		99	
F2/B	fustaie posticcia	11	4							
F3/B	fustaie perticaie	89	34							
F4/B	fustaie adulte			2		7	14			
F5/B	fustaie mature			1	0	1	1		1	
AS/H	altre superfici	46	22	0	0	0	0	100	0,32	

habitat disponibili (%)										
categoria	specie	uccelli								
		resource limited			area limited					
		migratore	non migratore	migratore	non migratore	migratore	non migratore			
	habitat	Caprimulgus europaeus	Sylvia cantillans	Picoides major	Parus palustris	Circus gallicus	Pernis apivorus	Falco tinnunculus	Strix aluco	
T	totale	100	100	100	100	100	100	100	100	
H/T	disponibile	4	30	44	64	87	59	3	40	
B/H	bosco	0	87	100	100	100	100	0	99	
C1/B	cedui a regime		100			43	53		32	
C2/B	cedui invecchiati				41	28	24		24	
F2/B	fustaie posticcia									
F3/B	fustaie perticaie									
F4/B	fustaie adulte				2		1		1	
F5/B	fustaie mature				57	29	22		42	
AS/H	altre superfici	4	13					100	0,53	

Tabella 16a Disponibilità di habitat trofici (feeding) ex ante.									
habitat disponibili (ha)									
categoria	uccelli								specie
	resource limited				area limited				
	migratore		non migratore		migratore		non migratore		
	Caprimulgus europaeus	Sylvia camillans	Picoides major	Parus palustris	Circus gallicus	Pernis apionus	Falco tinnunculus	Strix aluco	
ex ante	T totale	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37
H	disponibile	1109,57	207,94	330,69	837,45	100,27	100,27	100,27	654,34
B	bosco	1083,11	161,77	330,69	837,45	73,81	73,81	73,81	628,08
C1	cedui a regime	117,44	100,80		117,44				8,40
C2	cedui invecchiati	767,97		257,62	715,71				476,79
F2	fustaie posticcia	8,90	6,70		8,90	8,90	8,90	8,90	6,08
F3	fustaie perticaie	115,73	54,27		64,91	64,91	64,91	64,91	63,74
F4	fustaie adulte	68,77		68,77					68,77
F5	fustaie mature	4,30		4,30	4,30				4,30
AS	altre superfici	26,46	46,17		26,46	26,46	26,46	26,46	26,26

Tabella 16b Disponibilità di habitat trofici (feeding) ex post.									
habitat disponibili (ha)									
categoria	uccelli								specie
	resource limited				area limited				
	migratore		non migratore		migratore		non migratore		
	Caprimulgus europaeus	Sylvia camillans	Picoides major	Parus palustris	Circus gallicus	Pernis apionus	Falco tinnunculus	Strix aluco	
ex post	T totale	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37
H	disponibile	1135,29	353,75	455,87	770,34	26,46	26,46	26,46	681,01
B	bosco	1083,11	307,58	455,87	770,34	0,00	0,00	0,00	654,75
C1	cedui a regime	538,63	307,58		318,22				220,41
C2	cedui invecchiati	243,48		157,37	243,48				209,63
F2	fustaie posticcia								
F3	fustaie perticaie								
F4	fustaie adulte	9,95		9,95					7,55
F5	fustaie mature	291,05		288,55	208,64				217,16
AS	altre superfici	52,18	46,17		26,46	26,46	26,46	26,46	26,26

habitat disponibili (%)									
categoria	uccelli								specie
	resource limited				area limited				
	migratore		non migratore		migratore		non migratore		
	Caprimulgus europaeus	Sylvia camillans	Picoides major	Parus palustris	Circus gallicus	Pernis apionus	Falco tinnunculus	Strix aluco	
ex ante	T totale	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160
H/T	disponibile	96	18	28	72	9	9	9	56
B/H	bosco	96	78	100	100	74	74	74	96
C1/B	cedui a regime	11	62		14				1
C2/B	cedui invecchiati	71		78	85				76
F2/B	fustaie posticcia	1	4		12	12	12	1	
F3/B	fustaie perticaie	11	34		88	88	88	10	
F4/B	fustaie adulte	6		21					11
F5/B	fustaie mature	0		1	1				1
AS/H	altre superfici	2	22		26	26	26	4	4

habitat disponibili (%)									
categoria	uccelli								specie
	resource limited				area limited				
	migratore		non migratore		migratore		non migratore		
	Caprimulgus europaeus	Sylvia camillans	Picoides major	Parus palustris	Circus gallicus	Pernis apionus	Falco tinnunculus	Strix aluco	
ex post	T totale	100	100	100	100	100	100	100	100
H/T	disponibile	98	30	39	66	2	2	2	59
B/H	bosco	95	87	100	100	0	0	0	96
C1/B	cedui a regime	50	100		41				34
C2/B	cedui invecchiati	22		35	32				32
F2/B	fustaie posticcia								
F3/B	fustaie perticaie								
F4/B	fustaie adulte	1		2					1
F5/B	fustaie mature	27		63	27				33
AS/H	altre superfici	5	13		100	100	100	4	4

bilità di habitat in termini areali per tipo di struttura sono riassunti nelle Tabelle 15 e 16.

Per quanto concerne la disponibilità di habitat idonei alla nidificazione, al I livello gerarchico, si notano alcune rilevanti modificazioni: 1) per alcune specie (Biancone, Falco pecchiaiolo) aumentano le superfici utilizzabili, a seguito dell'aumento di superficie dei boschi d'alto fusto; 2) per altre specie invece (Succiacapre) si evidenzia una netta diminuzione a causa della scomparsa delle fasi giovanili delle fustaie per cui tali specie risultano completamente estromesse, quantomeno per il reperimento dei siti di riproduzione, dal sistema bosco; 3) per altre specie (Allocco, Picchio rosso maggiore), legate a boschi maturi e ricchi di alberi vecchi, oggi spesso rinvenibili anche nei cedui invecchiati ma non necessariamente presenti in fustaie giovani, si rileva una sensibile diminuzione dei siti idonei, a seguito della diminuzione dei cedui invecchiati dovuta alla ripresa dell'attività di ceduzione.

Relativamente alla disponibilità di habitat "di foraggiamento" (cfr. ROLANDO 1986) la situazione *ex post* appare drasticamente mutata rispetto a quella *ex ante* per alcune specie (Biancone, Falco pecchiaiolo, Gheppio) che perdono la disponibilità delle fustaie giovani e risultano quindi essere totalmente espulse da questo sistema bosco per le loro esigen-

ze alimentari; mentre per altre specie la differenza appare meno forte. In diversi casi si può parlare, in sintesi, di una perdita funzionale delle aree boscate rispetto al completamento di tutte le fasi vitali delle specie localmente presenti, che divengono sempre più dipendenti dalle "altre superfici" (ambienti non forestali), sia all'interno, ma soprattutto all'esterno del complesso forestale indagato (Tavola 6 in allegato). In altri termini sembra che questo complesso boscato divenga meno autosufficiente.

Si può notare, tra l'altro, come, tra le specie selezionate, sono soprattutto quelle legate anche ad ambienti non forestali (tra cui sono incluse le fasi giovanili delle fustaie di origine artificiale) a rivestire interesse per la conservazione. È infatti noto (TUCKER e EVANS 1997) che proprio questa componente dell'avifauna continentale, soprattutto a livello mediterraneo, desta le maggiori preoccupazioni per la conservazione.

Discussione

Il lavoro si è sviluppato elaborando dei dati contenuti nei PdG che si riferiscono a caratteri di ordine "naturale" della vegetazione forestale: presenza, composizione specifica, età, statura, estensione spaziale, configurazione delle singole unità. Questa elabora-

zione prescinde dalla suddivisione del territorio dei boschi della CM eseguito, sempre dal PdG, con criteri che in parte rispondono ad esigenze di amministrazione: in particolare le dimensioni delle particelle, la facilità di individuarne i confini, la presenza di confini artificiali quali le strade.

Nelle elaborazioni eseguite i caratteri della vegetazione sono stati recepiti con riferimento alle superfici di intervento interne alle particelle (*grain*) del PdG. Si sono in tal modo individuate e definite *patch* di I ordine, ma nel passaggio al livello gerarchico superiore, in cui le singole *patch* vengono raggruppate in *patch* di II ordine in relazione al tipo di struttura, il riferimento al particellare scompare.

È ovvio che in tal modo non si ignora l'importanza della particella in termini amministrativi, ma solo si evidenzia una conseguenza del metodo adottato per raggruppare le *patch* di I ordine in quelle di II ordine.

È altrettanto chiaro che, in relazione agli obiettivi prefissati in questo studio, il prescindere dalla particella non comporta problemi in quanto in realtà il raggruppamento di *patch* di I ordine in *patch* di II ordine rappresenta meglio la modalità con cui gli animali percepiscono le differenze strutturali del paesaggio alle diverse scale spaziali.

D'altro canto, dal punto di vista operativo la struttura del database dell'Atlante del territorio consente di identificare la particella cui appartiene una data *patch* di I ordine. Una elaborazione dei dati a disposizione che tenga conto anche del particellare è quindi possibile ma comporta un notevole aumento di lavoro che si è ritenuto inutile dati gli obiettivi prefissati.

L'applicazione del PdG conduce, al 2042, complessivamente ad un aumento della eterogeneità al livello gerarchico della gestione forestale in quanto determina un aumento dell'aggregazione e del contrasto rispetto ai tipi di formazione.

Questo risultato, relativo ad un caso reale, appare coerente con quelli ottenuti attraverso la costruzione degli scenari ipotetici.

Come emerso dalle precedenti fasi di questa ricerca, il livello gerarchico della gestione forestale è importante per la individuazione degli habitat idonei all'avifauna da parte di entrambe le categorie di specie, ossia quelle *resource limited* e quelle *area limited*.

Una maggiore eterogeneità a questo livello è quindi cruciale per la conservazione delle specie di uccelli impiegate come indicatori di biodiversità, e quindi la

politica forestale adottata che consiste nella ripresa delle ceduzioni da affiancare ai tagli di avviamento all'alto fusto di parti del ceduo risulterebbe nel complesso non pregiudizievole per la realizzazione di questo obiettivo.

Inoltre, dal punto di vista del tecnico forestale, indirettamente si verifica che i criteri adottati dal PdG per la selezione delle superfici su cui riprendere le ceduzioni appaiono sostanzialmente validi. Relativamente alla compatibilità delle scelte gestionali con la presenza di ungulati selvatici, in particolare, benché non sia nota dalla letteratura una soglia minima di ampiezza delle superfici da sottoporre a ceduzione tale da ridurre i danni da ungulati, l'aumento, nella situazione *ex post*, della dimensione media delle *patch* di I ordine che formano *patch* di II ordine, del tipo di struttura "cedui a regime" (accompagnato da una trascurabile diminuzione dell'indice di compattezza medio), fa ritenere che il nuovo assetto possa contribuire alla riduzione dell'impatto sul bosco da parte di questi animali. Essi infatti, per la loro natura elusiva, prediligono soluzioni di continuità poco estese della copertura arborea ed in queste situazioni il danno recato è molto forte.

Tuttavia l'applicazione del PdG, non seguita da ulteriori revisioni, determina anche una configurazione piuttosto omogenea dal punto di vista cronologico/strutturale, in cui, nonostante gli interventi di ceduzione attuati a partire dal 1993 e teoricamente proseguiti oltre l'attualità e fino al 2042, prevalgono le classi di età relativamente vecchie. Questo invecchiamento, che riguarda, ovviamente, anche le aree in cui si è attuato l'avviamento ad alto fusto ed i soprassuoli che già erano governati a fustaia, rappresenta invece un effetto negativo per la vitalità (*viability*) delle popolazioni locali di alcune delle specie di uccelli considerate, ed in particolare di quelle di interesse per la conservazione.

Relativamente all'ampiezza (25-50 m) da assegnare alle superfici su cui realizzare l'avviamento a fustaia, si ritiene che sia opportuno aumentare la larghezza di queste fasce. La diminuzione degli indici di compattezza della forma, infatti, avverte sul possibile ruolo di *sink* (*sensu* PULLIAM 1988) di questi boschi per quelle specie di uccelli maggiormente soggette a rischio di predazione dei nidi. Le specie che nidificano nel bosco adulto, percepiscono queste fasce come habitat idoneo, ma il loro successo riproduttivo può essere compromesso perché, a causa di un elevato sviluppo

dei margini rispetto all'area, i nidi possono venire facilmente predati da uccelli che vivono negli spazi aperti. Il rischio di predazione è infatti correlato (WILCOVE 1985) proprio alla distanza del nido dal margine forestale, oltre che alla dimensione della *patch* ed al tipo di margine forestale stesso.

Si ritiene che queste considerazioni debbano essere tenute in conto nell'ambito della revisione del PdG al fine sia di evitare anomalie gestionali sia di calibrare meglio le istanze della selvicoltura con quelle conservazionistiche.

Altre questioni emergenti dalla presente analisi su cui è opportuno richiamare l'attenzione dei tecnici forestali incaricati della revisione, sono quelle relative al trattamento delle fustaie mature e al turno dei cedui.

Per quanto riguarda le fustaie è evidente che la situazione *ex-post* non debba essere considerata come cristallizzata. È infatti presumibile che prima o poi compaiano aree tagliate per la rinnovazione delle fustaie, in grado di accogliere nuovamente (ammessa la presenza nel territorio più vasto di popolazioni che possono colonizzare le tagliate), almeno in parte, Succiacapre e Sterpazzolina. Le zone in rinnovazione dopo il taglio hanno infatti importanza fondamentale per mantenere elevata la diversità ornitica nei sistemi forestali (HANSEN *et al.* 1994; AVERY e LESLIE 1990; FULLER 2000).

Anche se la composizione specifica e la struttura spaziale del soprassuolo non sono state prese in considerazione in questo studio, appare necessario ricordare l'importanza di questi caratteri per la biodiversità e quindi richiamare l'attenzione sull'opportunità, in sede di revisione del piano, di fornire indicazioni a proposito del trattamento delle fustaie. Si ritiene infatti che questo debba essere orientato in modo da conseguire una maggiore complessità compositiva e strutturale dei popolamenti, storicamente ritenuta in grado (JAMES 1971; HARRIS 1984; URBAN e SMITH 1989) di favorire una maggiore diversità faunistica, con particolare riferimento alla componente delle comunità ornitiche legata allo strato arboreo (HANSEN *et al.* 1994).

Per quanto riguarda i cedui si segnala come la situazione a regime, che si raggiunge secondo le previsioni di piano al 2020 con l'entrata in vigore del turno definitivo, prevede l'allungamento del turno minimo di 18 anni, prescritto dalla legge forestale toscana, ad un turno di 22 anni. Ciò comporterebbe per queste formazioni l'aumento della "nemorosità", ancora una

volta a scapito di specie, non solo animali, ma anche vegetali maggiormente legate agli stadi giovanili del ceduo. In un contesto simile, indagato in boschi cedui situati in aree diverse da quelle mediterranee (Gran Bretagna), l'adozione di turni brevi appare decisiva per la conservazione sia della fauna ornitica (FULLER *et al.* 1989), sia della flora (MASON e MACDONALD 2002), ed è pertanto raccomandata caldamente per preservare la componente "non forestale" della biodiversità del sistema (FULLER e WARREN 1993). Appare assai verosimile che anche nell'area considerata nel presente studio la progressiva perdita di elementi "non forestali" sia dovuta sia alla progressiva scomparsa di ambienti aperti (coltivi, pascoli), sia a modifiche nella turnazione dei cedui. È anche a questi fenomeni che sono da ascrivere gli *status* di conservazione sfavorevoli di molte specie di uccelli, tra le quali alcune di quelle prese ad esempio in questo lavoro.

A corredo della discussione dei risultati conseguiti sembra utile ricordare due lavori recenti sulla biodiversità forestale (BARBATI *et al.* 1999; DEL FAVERO, a cura di 2000) che illustrano ed esemplificano un diverso approccio allo studio della biodiversità forestale.

Il termine "biodiversità" è stato interpretato e definito in modi diversi e DEL FAVERO facendo riferimento agli obiettivi posti dal Processo Pan-Europeo per una gestione forestale sostenibile che consistono nel "mantenimento, conservazione ed aumento della diversità biologica negli ecosistemi forestali", indica come obiettivi gestionali strategici per la conservazione della biodiversità il mantenimento della variabilità del paesaggio forestale, della variabilità specifica e degli habitat. In accordo con SCHUETZ (1997) DEL FAVERO propone di fondere i concetti di conservazione e di sostenibilità, con riferimento a foreste che sono oggetto di una gestione attiva.

Per BARBATI *et al.* (*op. cit.*) una soddisfacente soluzione è quella di fare riferimento all'approccio di "habitat" che consiste nel fissare obiettivi di sostenibilità (e quindi di biodiversità) per i diversi tipi forestali a livello di soprassuolo. In questa prospettiva semplici indicatori indirizzati a definire e descrivere sul campo alcuni aspetti di mantenimento, conservazione ed aumento della biodiversità forestale nei tipi di bosco sono rappresentati dal *pattern* spaziale (estensione, frammentazione e potenzialità espansiva dei singoli tipi), dalla struttura del soprassuolo (distribuzione dei diametri, stadi evolutivi), dalla ricchezza floristica del sottobosco, dal numero di specie ornitiche, dalla

presenza di specie protette.

L'approccio della presente ricerca differisce in alcuni punti da quello adottato dagli Autori prima citati e precisamente:

1. l'analisi quantitativa viene svolta su un'area assai più ristretta (oltre 300.000 ha dei boschi veneti contro 1.100 ha circa della sezione amministrativa di foresta considerato) che però viene considerata come sistema ecologico e pertanto inquadrata nell'ambito della sua organizzazione gerarchica, dalla scala vasta a quella di dettaglio, come percepita sia dal tecnico forestale sia dai bioindicatori cui si è fatto ricorso;
2. lo studio della variabilità di habitat è limitato a due soli tipi di bosco (ceduo e fustaia) ma entro questi viene esteso a tipi di struttura, tipi di formazione e classi di età diversi;
3. la biodiversità viene studiata limitatamente ad un gruppo di organismi, gli uccelli, che sono stati spesso utilizzati per questo tipo di valutazioni ma che, pur essendo a loro volta indicatori di condizioni ambientali più ampie date le loro esigenze alimentari e/o riproduttive, non esplorano completamente la diversità biologica di un sito;
4. il riferimento/indicatore è un *set* di specie ornamentiche e non un modello colturale del bosco che si prefigge la sostenibilità, ossia l'analisi in questo caso prescindere dal collegamento tra biodiversità (e relative ipotesi di "specie rivetto", *rivet popper*, e di "specie chiave di volta", *keystone*) e sostenibilità del sistema (cfr. SCHULZE e MOONEY 1994);
5. il dettaglio con cui si analizza l'impatto delle alterazioni strutturali è verificato con gruppi ornitici con caratteristiche diverse e presumibili esigenze (alimentazione/riproduzione) diverse di habitat.

L'approccio adottato appare coerente con un'ottica di "gestione adattativa" (FEMAT), infatti le analisi a posteriori del tipo proposto possono essere inquadrare nel processo ciclico e continuo di pianificazione, monitoraggio, valutazione e aggiustamento su cui basare le azioni gestionali.

Esso inoltre è coerente anche con gli indirizzi per una "saggia gestione delle foreste in Europa" indicati da ANDERSSON (2003). In particolare, la scelta di considerare la necessità di una pianificazione forestale alla scala di paesaggio, il criterio della biodiversità per discriminare tra forme di selvicoltura più o meno sostenibili e di aprire il team di ricerca a studiosi di discipline non strettamente forestali, nonché quella di

suggerire la necessità per la gestione forestale di sviluppare nuove sensibilità e strategie, appaiono in linea con il concetto di *ecosystem and landscape forestry* introdotto da questo Autore. Del resto questo concetto non è estraneo a quella cultura forestale italiana più sensibile ai diversi valori del bosco, anche quelli che oggi hanno una caratterizzazione più precisa, come dimostra il pensiero di PATRONE (1970) in cui la conservazione del paesaggio è legata alla selvicoltura ed alla gestione del bosco, e che intuisce il legame tra eterogeneità del paesaggio e del bosco e diversità biologica. E, non a caso DE PHILIPPIS (1961), sia pure limitatamente alla composizione della componente arborea, sottolinea la maggiore naturalità dei boschi misti rispetto ai boschi puri e ne individua i vantaggi sotto il profilo gestionale. In seguito, con una diversa angolazione e riferendosi alla funzionalità dell'ecosistema foresta, definisce, in accordo con ODUM (1973) la diversità biologica come uno dei principi unificanti dell'ecologia e vede nella "selvicoltura su basi naturalistiche" (DE PHILIPPIS 1980) l'approccio corretto alla gestione dei boschi.

Conclusioni §

Paola Mairota¹, Guido Tellini Florenzano² e Pietro Piussi³

Lipotesi di partenza in questa ricerca era di verificare se, ed in quale modo, la ceduzione agiva sulla biodiversità e se le scelte selvicolturali erano compatibili con una selvicoltura a fini multipli in cui la conservazione della natura avesse un ruolo preciso. La ricerca non mirava a stabilire eventuali rapporti tra biodiversità e stabilità e nemmeno a definire valori ottimali o liste di riferimento per la biodiversità, data anche l'assenza di un criterio univoco per definire questo carattere.

Il metodo adottato intendeva anche fornire uno strumento metodologicamente corretto e, per quanto possibile, oggettivo e non basato su considerazioni generali, spesso fondate su sensazioni ed intuito, per questo tipo di valutazioni.

La ricerca ha fornito le risposte e indotto le considerazioni di seguito riportate:

1. nella valutazione della situazione ambientale relativa ad una determinata realtà non si può prescindere da una analisi territoriale di area vasta; nel caso specifico è emersa l'importanza del territorio studiato (non classificato come area protetta) dal punto di vista della continuità ecologica a livello regionale. Ne consegue che pratiche selvicolturali che tengano conto della conservazione della biodiversità andrebbero attuate anche nelle aree non espressamente e formalmente indicate per il loro particolare valore naturalistico;
2. l'approccio adottato dalla ordinaria prassi gestionale (pianificazione delle utilizzazioni) risulta essere rispondente alle esigenze delle specie ornamentali e migratrici, sia *area limited* sia *resource limited*; ciò dipende dal fatto che il tecnico forestale opera entro ambiti che comprendono quelli propri della strategia di individuazione di habitat degli uccelli;
3. il quadro ambientale e la sua dinamica nel tempo, causa delle tendenze dinamiche delle popolazioni di uccelli da utilizzate come indicatori, sono solo in parte determinate dal PdG; il territorio forestale oggetto di pianificazione è una conseguenza di scelte strategiche attuate in tempi più remoti (rimboschimento con conifere di terreni agricoli o pascolivi) o di vicende economiche che si sono riflesse indirettamente sulla copertura vegetale (rimboschimento spontaneo successivo allo spopolamento del territorio rurale);
4. nella situazione di un vasto tratto di territorio caratterizzato da una matrice omogenea come quello in esame, si verifica l'ipotesi (cfr. SIMBERLOFF 1999) che la gestione forestale possa conciliare istanze diverse, tra cui la produzione legnosa ed il mantenimento della biodiversità. Infatti, come evidenziato dalla prima ricerca (parte prima), una maggiore eterogeneità, in parte provocata anche dalla gestione stessa, fa aumentare i valori degli indici di qualità ambientale e di rarità; la seconda (scenari) e la terza ricerca rivelano che la gestione forestale (in questo caso ripresa delle ceduzioni) contribuisce all'aumento della eterogeneità;
5. determinate strutture della vegetazione forestale, proprio per la loro dinamica conseguente ai processi di crescita, sono temporanee e quindi vanno considerate "fragili". A maggior ragione queste considerazioni valgono per il territorio visto a scala di gestione. In altre parole l'abbandono culturale seguito dall'invecchiamento dei soprassuoli (risultato di fattori diversi: spopolamento rurale, politica forestale regionale, scelte di piano di gestione) determina la omogeneizzazione della configurazione spaziale del territorio boscato con conseguenze negative per alcune specie minacciate. In questo senso si può affermare che la selvicoltura del ceduo si configura come un *keystone process* (cfr. BOND 1994);
6. il caso esemplificativo presentato qui come "esercizio" di costruzione di scenari dimostra inoltre che un certo grado di eterogeneità può essere ottenuto attraverso una scelta di regole di gestione selvicolturale. Tali regole non appaiono fortemente limitative in quanto si nota che molte di queste sono state adottate nel PdG della CM che non si

§ Le Conclusioni sono state redatte congiuntamente e in parti uguali dai tre Autori.

¹ Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali, Facoltà di Agraria Università degli Studi di Bari, via Amendola 165/A 70126 Bari p.mairota@uniba.it

² DREAM Italia, via dei Guazzi 31, I-52013 Poppi (AR) tellini@dream-italia.it

³ DISTAF Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Firenze, via S. Bonaventura 13 50145 Firenze pietro.piussi@unifi.it

- pone esplicitamente il problema della conservazione biologica. Una sensibilità conservazionistica sembra quindi essere già parte della formazione professionale di alcuni tecnici forestali. I risultati della gestione finalizzata, oltre ad altri aspetti, alla conservazione della biodiversità non devono far dimenticare che proprio questo obiettivo può far sorgere dei problemi. Un caso esemplare è costituito la presenza di popolazioni di ungulati selvatici, in particolare daino e capriolo, favorita dalla diversificazione della matrice nelle due dimensioni dello spazio (corologica e topologica) derivante dal regime del ceduo (GIOVANNINI *et al.* 2003) con conseguente forte impatto per la rinnovazione agamica dei boschi ceduati;
7. l'eterogeneità strutturale, d'altro canto, agisce in modo complesso e apparentemente contraddittorio sugli indicatori di biodiversità prescelti. L'applicazione del PdG considerato favorisce le specie legate all'ambiente di fustaia mentre penalizza quelle legate a spazi aperti con prevalenza di vegetazione erbacea. Le medesime specie (ad esempio il Falco pecchiaiolo o il Biancone) possono essere favorite da una data forma di gestione per quanto riguarda le possibilità di nidificazione, ma sfavorite per quanto riguarda l'alimentazione. Il quadro gestionale, che tiene conto del rimboschimento eseguito negli anni passati, del rimboschimento spontaneo di terreni agricoli o di pascoli e dell'allungamento del turno nel ceduo conduce ad una progressiva riduzione degli habitat aperti, frequentati da specie la cui sopravvivenza è posta a rischio in tutto il bacino mediterraneo. La contraddittorietà della risposta è coerente con le caratteristiche degli indicatori scelti che sono diversificati relativamente al comportamento (migratori/stanziali) ed alle esigenze (habitat/alimentazione);
 8. i risultati ottenuti possono aprire la discussione sul tipo di indicatori utilizzati. SIMBERLOFF (1999) esprime infatti dubbi sulla opportunità di utilizzare "specie ombrello" e "specie indicatrici" anche perché il loro valore, definito in relazione allo stato di determinate specie, può essere indifferente o contrario a quello di altre. Questo del resto convalida la scelta fatta in questo studio di ricorrere ad un gruppo di specie ornitiche piuttosto che una singola specie per il confronto tra la prospettiva umana e quella animale. Infatti, un gruppo di specie, che possiede molte delle caratteristiche (ad esempio caratteri dei principali gruppi funzionali, esigenze specifiche di disporre di determinati ambienti) associate a utili indicatori della qualità ambientale, ha permesso proprio di avvalorare tale affermazione. Nel caso in esame, inoltre, le valutazioni svolte a livello di PdG possono venire modificate dalla dinamica del quadro ambientale di area vasta;
 9. questa ricerca è mirata allo studio dell'impatto che la gestione forestale esercita sulla biodiversità. Si è tuttavia pienamente consapevoli del fatto che il problema della valutazione dei gradi di biodiversità non si esaurisce utilizzando la componente ornitica come indicatrice della qualità dell'ambiente. Il ricorso a bioindicatori, che indirettamente forniscono informazioni sulla funzionalità degli ecosistemi, è stato, per così dire, una scelta obbligata a fronte della pressoché totale mancanza, per il territorio considerato e, più in generale, l'ambiente mediterraneo, di studi empirici sulla biodiversità dei boschi soggetti a ceduzione, con particolare riferimento alla dinamica degli assetti delle comunità vegetali e animali in funzione dell'età del ceduo, analoghi a quelli condotti in altri contesti (ASH e BARKHAM 1976; BARKHAM 1992; BEATTY 1984; DAVISON e FORMAN 1982; FULLER *et al.* 1989; GURNELL *et al.* 1992; MITCHELL 1992; PONS 1976). Inoltre esistono altri valori del territorio di ordine storico, archeologico, estetico o naturalistico che richiedono una specifica attenzione;
 10. è opportuno ricordare che, in particolare quando sussistono problemi applicativi, limiti di tempo e di disponibilità finanziarie, è possibile ricorrere a materiale già disponibile. L'esistenza di una cartografia di piano digitalizzata e dei relativi data base alfanumerici è preziosa non solo per la semplificazione delle operazioni gestionali ordinarie ma anche per l'integrazione con informazioni di altro genere;
 11. è infine importante sottolineare anche il fatto che questo genere di indagini, pur avendo riflessi importanti sull'attività selvicolturale, deve essere effettuato in collaborazione con persone con competenze specifiche diverse da quelle del tecnico forestale.

Ringraziamenti

Gli autori sono grati a: Mario SULLI e Alessandra

CASINI per aver fornito materiale di studio e messo a disposizione le loro conoscenze sull'area delle Colline Metallifere; Paolo SPOSIMO per aver messo a disposizione le sue conoscenze sull'avifauna Toscana; Robert FULLER per l'incoraggiamento e per aver fornito materiale di studio; Fabrizio FERRETTI per aver fornito parte dell'archivio digitale relativo alle sezioni E, F, G, del PdG; Maria Raffaella LA MACCHIA per la collaborazione alla costruzione degli scenari; Alessio POLLICE per i consigli sul trattamento statistico dei dati; Marco ALBANI per la lettura critica del manoscritto.

Bibliografia citata

- ANDERSSON F.O., 2003 - *Pathways to wise management of forests in Europe: trends in research for sustainability*. *Informatore Botanico Italiano*, 35 (1-Supplemento 1): 51-58.
- ANSELMINI N., MAZZAGLIA, A., VANNINI, A., 2000 - *The role of endophytes in oak decline*. In: RAGAZZI, A., DELLA VALLE I., MORICCA, S., CAPRETTI, P., RADDI, P. (Eds.) *Decline of oak species in Italy. Problems and perspectives*. Accademia Italiana di Scienze Forestali. Firenze: 129-144.
- ANTROP M., 1985 - *Télétection et analyse du paysage*. In: BERDOULAY V., PHIPPS M. (Eds.) *Paysage et Système*. Edition de l'Université d'Ottawa: 125-138.
- ARRIGONI P.V., GELLINI R., INNAMORATI M., LENZI GRILLINI C., LOVARI A., PIUSI P., RENZONI A., SANESI G., SARTONI G., 1976 - *Relazione al Consorzio per l'istituzione del "Parco della Maremma"*. *Informatore Botanico Italiano*, 8 (3): 283-324.
- ARRIGONI P.V., MENICAGLI E., 1999 - *Carta della Vegetazione Forestale*. Toscana Dipartimento dello Sviluppo economico. Firenze.
- ASH J.E., BARKHAM J.P., 1976 - *Changes and variability in the field layer of a coppiced woodland in Norfolk, England*. *Journal of Ecology* 64: 697-712.
- AVERY M., LESLIE R., 1990 - *Birds and forestry*. Poyser, London, 299 p.
- AUTORI VARI, 1997 - *Pianificazione e reti ecologiche*. Planeco. Gangemi Editore, 75 p.
- BAILEY R.G., 1996 - *Ecosystem Geography*. Springer Verlag Berlin, 204 p.
- BARBATI A., CARRARO G., CORONA P., DEL FAVERO R., DISSEGNA M., LASEN C., MARCHETTI M., 1999 - *Developing biodiversity assessment on a stand forest type management level in north-eastern Italy*. *Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali*, 48: 157-176.
- BARKHAM J.P., 1992 - *The effects of coppicing and neglect on the performance of the perennial ground flora*. In: BUCKLEY G.P., (Ed.) *Ecology and Management of Coppice Woodlands*, Chapman & Hall, London: 115-146.
- BASKENT E.Z., KELES S., 2005 - *Spatial forest planning: A review*. *Ecological Modelling* 188: 145-173.
- BAUDRY, J., MERRIAM H.G., 1987 - *Connectivity and Connectedness: Functional versus Structural Patterns in Landscape*. In: SCHREIBER K.F. (Ed.) *Connectivity in Landscape Ecology*. Proceedings of the 2nd International Seminar of the "International Association for Landscape Ecology" Münster: 23-28.
- BEATTY S.W., 1984 - *Influences of microtopography and canopy species on spatial pattern of forest understorey plants*. *Ecology* 65: 1406-19.
- BERDOULAY V., PHIPPS M., (Eds.) 1985 - *Paysage et système*, Editions de l'Université d'Ottawa, 195 p.
- BOITANI L., 2000 - *Rete ecologica nazionale e conservazione della biodiversità*. *Parchi* 29: 66-74.
- BOND W.J., 1994 - *Keystone species*. In: SCHULZE E.D., MOONEY H.A. (Eds.) *Biodiversity and Ecosystem Function*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, ISBN 3-540-58103-0: 237-253.
- BOYLE T.B.J., 1994 - *Biodiversity, Temperate Ecosystems and Global Change: Introduction to the NATO Advanced Research Workshop*. In: BOYLE T.B.J., BOYLE C.E.B. *Biodiversity, Temperate Ecosystems and Global Change* (Eds.) Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Biodiversity, Temperate Ecosystems and Global Change, August 15-19, Montebello, Canada. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, ISBN 3-540-8: 1-7.
- BURGESS R.L., SHARPE D.M., (Eds.), 1981 - *Forest Islands Dynamics in Man Dominated Landscapes*. Springer-Verlag, New York.
- CELLERINO G.P., GENNARO M., 2000 - *Drought as predisposing factor in oak decline*. In: RAGAZZI A., DELLA VALLE I., MORICCA S., CAPRETTI P., RADDI P. (Eds.) *Decline of oak species in Italy. Problems and perspectives*. Accademia Italiana di Scienze Forestali. Firenze, 49: 157-173.
- DAVISON S.E., FORMAN R.T.T., 1982 - *Herb and shrub dynamics in a mature oak forest: a thirty-year study*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 109: 64-73.
- DEL FAVERO R., (Ed.), 2000 - *Biodiversità e Indicatori nei tipi forestali del Veneto*. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Commissione Europea, Regione Veneto, 335 p.
- DE PHILIPPIS A., 1961 - *Appunti dalle lezioni di ecologia forestale e selvicoltura generale*. Anno accademico 1960-61. Università di Firenze.
- DE PHILIPPIS A., 1970 - *Governo e trattamento dei boschi: dall'insegnamento di Vallombrosa alla realtà di oggi*. In: *L'Italia forestale nel centenario della fondazione della Scuola di Vallombrosa*. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, 1970: 87-117.
- DE PHILIPPIS A., 1980 - *L'ecosistema forestale*. Accademia nazionale dei Lincei. VII Seminario sull'evoluzione biologica e i grandi problemi della biologia.
- DREAM ITALIA, 1994 - *Piano di Gestione Forestale 1994-2003 - Complesso Forestale Bandite di Follonica*. Regione Toscana, Comunità Montana Colline Metallifere.
- FAGGIONI R., CADONI F., 2000 - *Analisi dello Stato dell'Arte sui Metadati nel Settore Cartografico* Convenzione Regione Basilicata - Centro Interregionale Sistema Cartografico di Riferimento.

- FEMAT (Forest Ecosystem Management Team NBII), <http://www.pnw.in.nbio.gov/>
- FINKE L., 1993 - *Introduzione all'Ecologia del Paesaggio*, Franco Angeli Milano, 268 p.
- FORMAN R.T.T., 1995 - *Land Mosaics. The ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, Cambridge, 631 p.
- FORMAN R.T.T., GODRON M., 1986 - *Landscape Ecology*. Wiley, New York, 620 p.
- FULLER R.J., WARREN S., 1993 - *Coppiced woodlands: their management for wildlife*. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough, 34 p.
- FULLER R.J., 2000 - *Influence of treefall gaps on distributions of breeding birds within interior old-growth stands in Bialowieza Forest, Poland*, *Condor*, 102: 267-274.
- FULLER R.J., STUTTARD P., RAY C.M., 1989 - *The distribution of breeding songbirds within mixed coppiced woodland in Kent, England, in relation to vegetation age and structure*. *Annales Zoologici Fennici*, 26: 265-275.
- GIOVANNINI G., CHINES A., GANDOLFO G., 2003 - *Danni da ungulati selvatici in boschi cedui: effetti delle modalità di utilizzazione forestale*. *Sherwood* 9 (1): 9-16.
- GUISAN A., ZIMMERMANN N.E., 2000 - *Predictive habitat distribution models in ecology*. *Ecological Modelling*, 135: 147-186.
- GURNELL J., HICKS M., WHITBREAD S., 1992 - *The effects of coppice management on small mammal population*. In: BUCKLEY G.P., (Ed.) *Ecology and Management of Coppice Woodlands*, Chapman & Hall, London: 213-231.
- HAGEMELJER W.J.M., BLAIR M.J. (Eds.), 1997 - *The EBCC Atlas of European Breeding Birds: Their Distribution and Abundance*. T. e A.D. Poyser, London.
- HANSEN A.J., VEGA R.M., MCKEE A.W., MOLDENKE A., 1994 - *Ecological Processes Linking Forest Structure and Avian Diversity in West Oregon*. In: BOYLE T.B.J., BOYLE C.E.B., Biodiversity, Temperate Ecosystems and Global Change (Eds.) *Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Biodiversity, Temperate Ecosystems and Global Change*, August 15-19, Montebello, Canada. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, ISBN 3-540-8: 217-245.
- HARRIS L.D., 1984 - *The Fragmented Forest*, University of Chicago Press, Chicago.
- HARRISON S., FAHRIG L., 1995 - *Landscape pattern and population conservation*. In: HANSSON L., FAHRIG L., MERRIAM G., *Mosaic Landscapes and Ecological Processes*. Chapman&Hall, London: 293-308.
- JAMES F.C., 1971 - *Ordination of habitat relationships among breeding birds*. *Wilson Bulletin* 83: 215-236.
- KOTLIAR N.B., WIENS J.A., 1990 - *Multiple scales of patchiness and patch structure: a hierarchical framework for the study of heterogeneity*. *Oikos* 59: 253-260.
- LEGA ITALIANA PROTEZIONE UCCELLI, WORLD-WIDE FUND FOR NATURE (Eds.), 1999 - *Nuova Lista Rossa degli uccelli nidificanti in Italia*. *Riv. Ital. Orn.* 69 (1): 3-43.
- LEHMANN A., OVERTON J. M.C.C., AUSTIN M.P., 2002 - *Regression models for spatial prediction: their role for biodiversity and conservation*. *Biodiversity and Conservation*, 11: 2085-2092.
- LOVARI S., RENZONI I., FONDI R., 1976. *The predatory habits of the Barn Owl (Tyto alba) in relation to the vegetation cover*. *Boll. Zool.* 2001 (43): 173-191.
- LUISE N., LERARIO P., 2000 - *Silvicultural practices for oak decline control*. In: RAGAZZI A., DELLA VALLE I., MORRICA S., CAPRETTI P., RADDI P. (Eds.) *Decline of oak species in Italy. Problems and perspectives*. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze: 145-155.
- MAIROTA P., PIUSSI P., TELLINI FLORENZANO G., 2002 - *Relationships between bird distribution and landscape pattern at scales relevant to forest management*. In: CHAMBERLAIN D., WILSON A., *Avian Landscape Ecology: Pure and Applied Issues*. *Proceedings of the 11th Annual IALE UK Conference 10th -13th September 2002*, University of East Anglia, ISBN 0-9524263-9-0: 95 (poster).
- MAIROTA P., PIUSSI P., 2001 - *Analisi eco-paesistica finalizzata alla gestione multifunzionale del bosco nella Toscana meridionale*. In: DE ANGELIS P., MACUZ A. BUCCI G., SCARASCIA MUGNOZZA G. (Eds.), *Alberi e Foreste per il Nuovo Millennio. Atti del III Congresso Nazionale della Società Italiana di Selvicoltura ed Ecologia Forestale - 15-18 ottobre 2001 Viterbo*: 503-510.
- MAIROTA P., PIUSSI P., 2002 - *Analisi eco-paesistica finalizzata alla gestione multifunzionale del bosco nella Toscana meridionale, II Contributo al Progetto "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e culturale di differenti modalità di matricinatura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno"* - ISSEL-ARSIA. *Dati non pubblicati*.
- MAIROTA P., PIUSSI P., 2003 - *Analisi eco-paesistica finalizzata alla gestione multifunzionale del bosco nella Toscana meridionale, III Contributo al Progetto "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e culturale di differenti modalità di matricinatura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno"* - ISSEL-ARSIA. *Dati non pubblicati*.
- MASON C.F., MACDONALD S.M., 2002 - *Responses of ground flora to coppice management in an English woodland - a study using permanent quadrats*. *Biodiversity and Conservation*, 11: 1773-1789.
- MCGARIGAL K., CUSHMAN S.A., NEEL M.C., 2002 - *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for categorical maps*. Computer software produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at: www.umass.edu/landeco/fragstats.html.
- MCNEELY J.A., MILLER K.R., REID W.V., MITTERMEIER R.A., WERNER T.B., 1990 - *Conserving the world's biological diversity*. World Conservation Union (IUCN), Gland Switzerland.
- MITCHELL P.L., 1992 - *Growth stages and microclimate in coppice and high forest*. In BUCKLEY G.P., (Ed.) *Ecology and Management of Coppice Woodlands*, Chapman & Hall, London: 31-51.
- NAVEH, Z., LIEBERMAN A.S., 1984 - *Landscape Ecology: Theory and Application*. Springer-Verlag, New York, 356 p.

- NEAVE P., NEAVE E., WEINS T., RICHE T., 2000 - *Availability of Wildlife Habitat on Farmland*. In: McRAE T., SMITH C.A.S., GREGORICH L.J. (Eds.) *Environmental Sustainability of Canadian Agriculture: Report of the Agri-Environmental Indicator Project*. Agriculture and Food Canada. Ottawa, Ontario: 145-156.
- NILSSON C., GRELSSON G., 1995 - *The fragility of ecosystems: a review*. *Journal of Applied Ecology* 32: 677-692.
- NOSS R.F., 1990 - *Indicators for Monitoring Biodiversity: a Hierarchical Approach*. *Conservation Biology*, 4 (4): 355-364.
- ODUM E.P., 1973 - *Principi di Ecologia*. Piccin Padova, 544 p.
- ODUM E.P., 1983 - *Basic Ecology*. CBS College Publishing. trad. ital.: *Basi di Ecologia*, 1988 Piccin Padova, 544 p.
- PAOLETTI M., 2001 - *La biodiversità negli agroecosistemi e bioindicatori di qualità ambientale*. *Urbanistica*, 118: 116-122.
- PAPI R., 2001 - *Effetti della gestione forestale sulla comunità ornitica in un'area protetta del Lazio (Riserva Naturale Monte Rufeno)*. In: DE ANGELIS P., MACUZ A., BUCCI G., SCARASCIA MUGNOZZA G. (Eds.), *Alberi e Foreste per il Nuovo Millennio Atti del III Congresso Nazionale della Società Italiana di Selvicoltura ed Ecologia Forestale - 15-18 ottobre 2001 Viterbo*: 43-46.
- PATRONE G., 1970 - *Economia forestale*. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, 676 p.
- PAVARI A., 1933 - *Lezioni di ecologia forestale e selvicoltura generale*. R. Istituto Superiore Agrario e Forestale, Firenze. Anno accademico 1932-33.
- PEDROTTI L., DUPRÉ E., PREATONI D., TOSO S., - 2001 *Banca dati ungulati: status, distribuzione, consistenza, gestione, prelievo venatorio e potenzialità delle popolazioni di ungulati in Italia*. *Biologia e Conservazione della Fauna*, 109: 1-128.
- PETERSON R., MOUNFORT G., HOLLON P.A.D., 1983 - *Guida agli uccelli in Europa*. Muzio & C. Padova.
- PIANKA E.R., 1967 - *Lizard species diversity*. *Ecology*, 48: 333-351.
- PIGNATTI G., 1998 - *Struttura del popolamento forestale*. In: PIGNATTI S., 1998 *I boschi d'Italia*. UTET Torino.
- PONS T.L., 1976 - *An ecophysiological study in the field layer of ash coppice. I Field measurements*. *Acta Botanica Neerlandica*, 25: 401-416.
- PULLIAM H.R., 1988 - *Sources, sinks, and population regulation*. *American Naturalist* 132 (5): 652-661.
- PULLIAM H.R., DUNNING J.B. JR., LIU J., 1992 - *Population dynamics in complex landscapes: a case study*. *Ecological Applications* 2 (2): 165-177.
- REMMEL T.K., CSILLAG F., - 2003 *When are two landscape pattern indices significantly different?* *J. Geograph. Syst.* 5: 331-351.
- RIJTTERS K., WICKHAM J., O'NEILL R., JONES B., SMITH E., 2000 - *Global scale patterns of forest fragmentation*. *Conservation Ecology* <http://www.consecol.org/Journal/vol4/iss2/art3/main.html>
- ROLANDO A., 1986 - *La teoria della nicchia: prospettive e problemi in ornitologia*. *Avocetta* 10 (1): 1-36.
- ROMANI V., 1994 - *Il Paesaggio Teoria e Pianificazione*. Franco Angeli Milano, 239 p.
- ROSSI R., 2002 - *La strategia della Regione Toscana per la tutela della diversità ecologica*. Atti del Convegno "La conservazione della biodiversità: dalla singola area alla rete ecologica" LIPU-BirdLife International - Provincia Autonoma di Trento, Monte Bondone (TN) 31 maggio.
- ROSSI R., MERENDI G.A., VINCI A. (Eds.), 1996. *I sistemi di paesaggio della Toscana*, Regione Toscana, Dipartimento Agricoltura e Foreste. Firenze.
- RUSHTON S.P., ORMEROD S.J., KERBY G., 2004 - *New paradigms for modelling species distributions?* *Journal of Applied Ecology*, 41: 193-200.
- SCHUETZ J.P.H., 1997 - *Sylviculture 2*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 178 p.
- SCHULZE E.D., MOONEY H.A., 1994 - *Ecosystem Function of Biodiversity: A Summary*. In: SCHULZE E.D., MOONEY H.A. (Eds.) *Biodiversity and Ecosystem Function*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, ISBN 3-540-58103-0: 497-510.
- SICOLI G., DE GIOIA T., LUISI N., LERARIO P., 1998 - *Multiple factors associated with oak decline in Southern Italy*. *Phytopath. Medit*, 37: 1-8.
- SIMBERLOFF D., 1999 - *The role of science in the preservation of forest biodiversity*. *Forest Ecology and Management* 115 (2-3): 10-111.
- SPOSIMO P., TELLINI G., 1995 - *Lista Rossa degli uccelli nidificanti in Toscana*. *Riv. Ital. Orn.* 64 (2): 131-140.
- TELLINI FLORENZANO G., 1996 - *Gli Uccelli della Val di Cecina. Quattro anni di monitoraggio ornitologico e di attività di cattura ed inanellamento: 1992-1995*. Regione Toscana - Comunità Montana della Val di Cecina, Pontedera, 147 p.
- TELLINI FLORENZANO G., ARCAMONE E., BACCETTI N., MESCHINI E., SPOSIMO P., 1997 - *Atlante degli uccelli nidificanti e svernanti in Toscana 1982-1992*. *Quad. Mus. Stor. Nat. Livorno. Monografie I*, 414 p.
- TREVISANI M., 1998 - *Verso il Sistema Informativo Territoriale della Regione Toscana*. Regione Toscana Dipartimento politiche del territorio, dei trasporti e delle infrastrutture.
- TUCKER G.M., EVANS M.I., 1997 - *Habitats for birds in Europe: a conservation strategy for the wider environment*. BirdLife International (BirdLife Conservation Series n. 6), Cambridge, 464 p.
- URBAN D.L., SMITH T.M., 1989 - *Microhabitat pattern and the structure of forest bird communities*. *American Naturalist* 133 (6): 811-829.
- WIENS J.A., 1992 - *Ecological flows across landscape boundaries: a conceptual overview*. In: HANSEN A.J., DI CASTRI F., (Eds.) *Landscape boundaries*. Springer-Verlag, New York: 217-235.
- WIENS J.A., 1995 - *Landscape mosaics and ecological theory*. In: HANSSON, L., FAHRIG L., MERRIAM G. (Eds.) *Mosaic landscapes and ecological processes*. Chapman & Hall, London: 1-26.

- WIENS J.A., 1997 - *The emerging role of patchiness in conservation biology*. In: PICKETT S.T.A., OSTFELD R.S., SHACHAK M., LICKENS G.E (Eds.) *The Ecological Basis of Conservation: heterogeneity, ecosystems, and biodiversity*. Chapman & Hall, London: 93-107.
- WIENS J.A., 1999 - *Landscape ecology: scaling from mechanism to management*. Proceedings of the VII International Congress of Ecology, Florence 19-25 July, 1998: 13-24.
- WILCOVE D.S., 1985 - *Depredation on artificial ground nests: effect of edge and plot age*. *Journal of Wildlife Management*. 49: 508-513.
- WHITTAKER R.H., 1965 - *Dominance and diversity in land plant communities*. *Science*, 163:150-160.
- WORLD CONSERVATION UNION, UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, WORLD-WIDE FUND FOR NATURE, 1991 - *Caring for the Earth: A Strategy for Sustainable Living*. World Conservation Union (IUCN), Gland Switzerland.
- WORLD RESOURCE INSTITUTE, WORLD CONSERVATION UNION, UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 1991 - *The Global Biodiversity Strategy*. World Resource Institute, Washington DC.
- ZONNEVELD I.S., 1979 - *Land evaluation and Land(scape) Science*. ITC-International Institute for aerial survey and earth sciences, Enschede, 134 p.

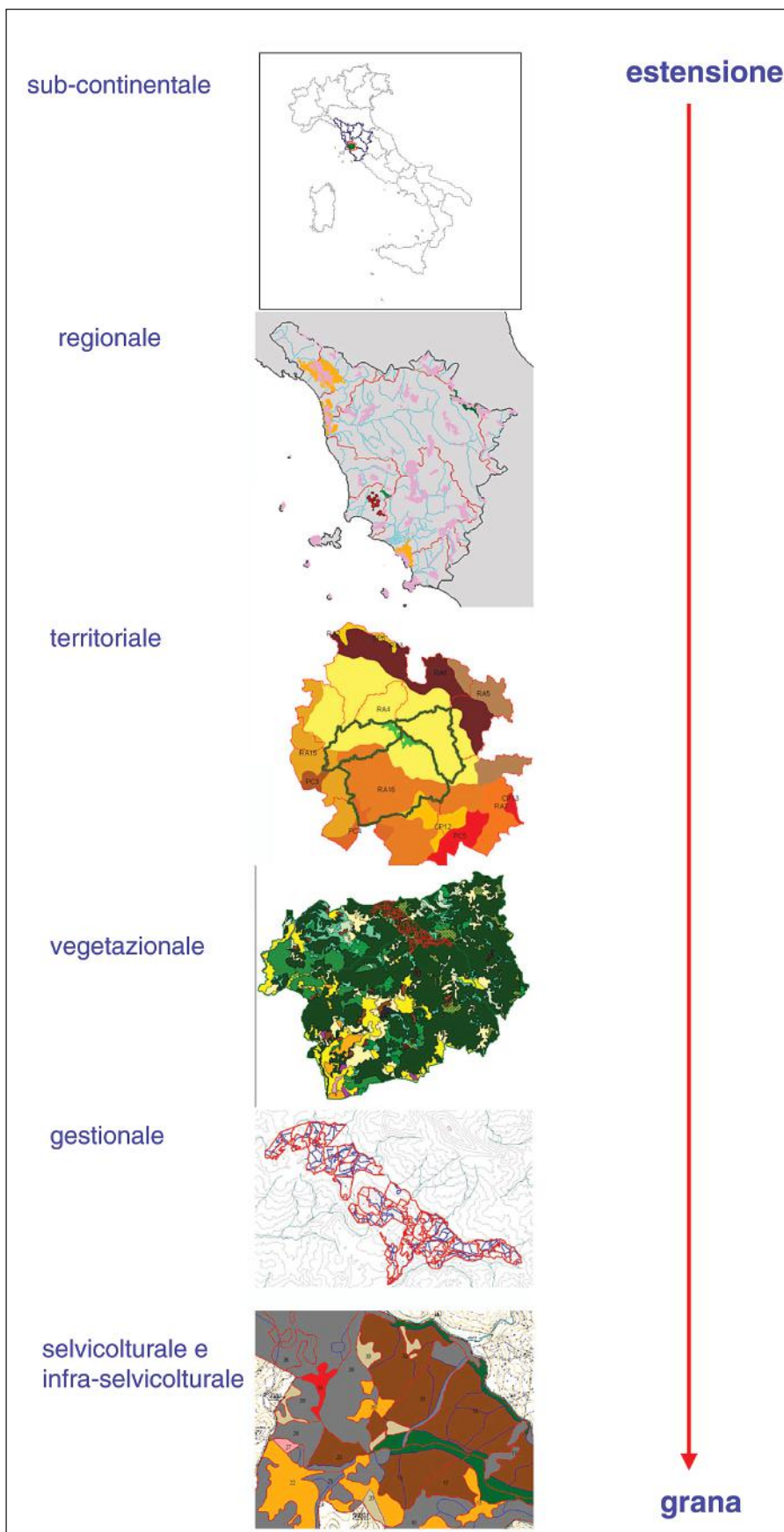


Tavola 1 – Range di scale spaziali e limiti della percezione.
Spatial scales range and perception limits.

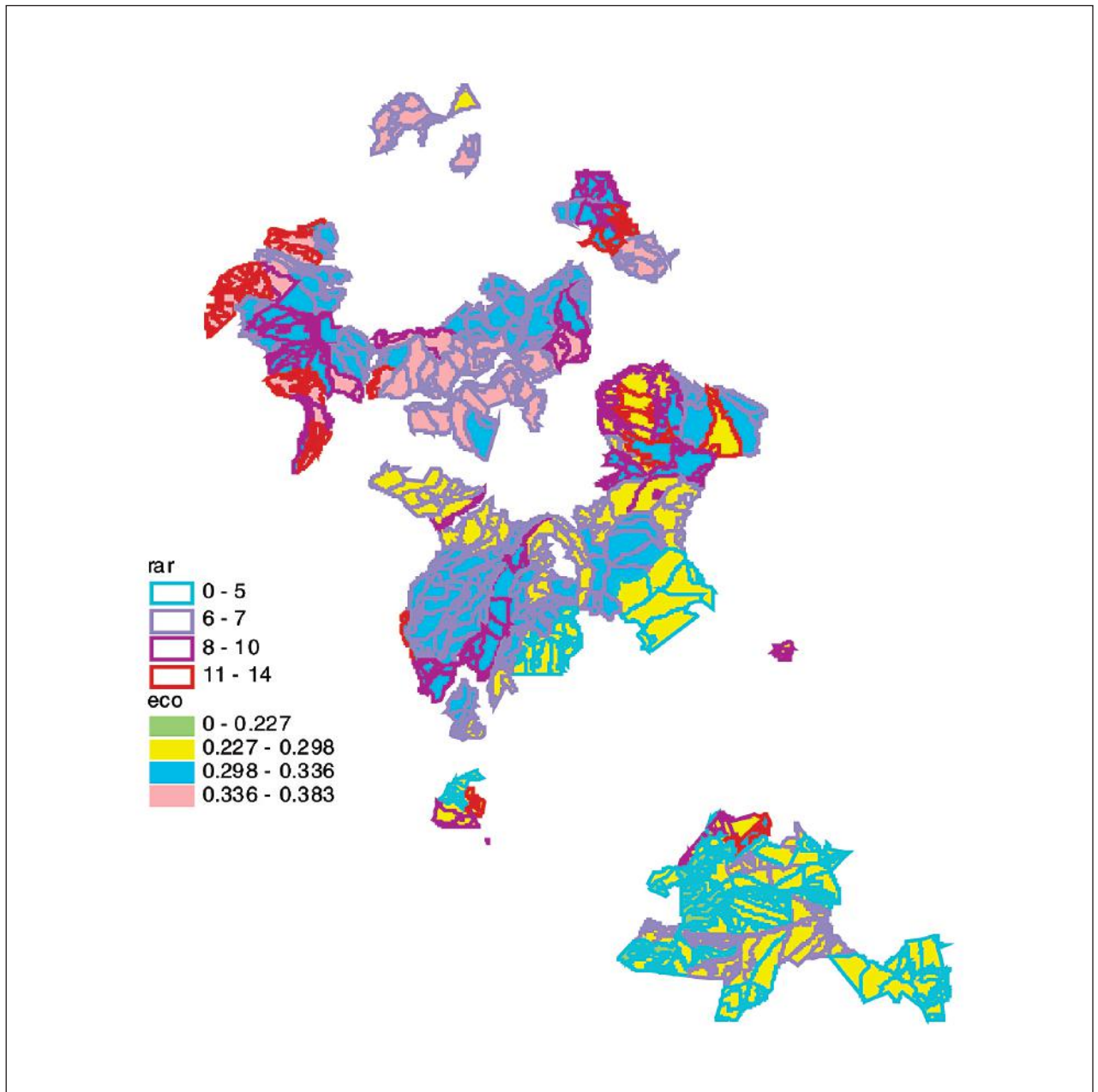


Tavola 2 – Livello selvicolturale: carta degli indici di rarità e qualità ambientale.
Silvicultural level: map of rarity and environmental quality indexes.

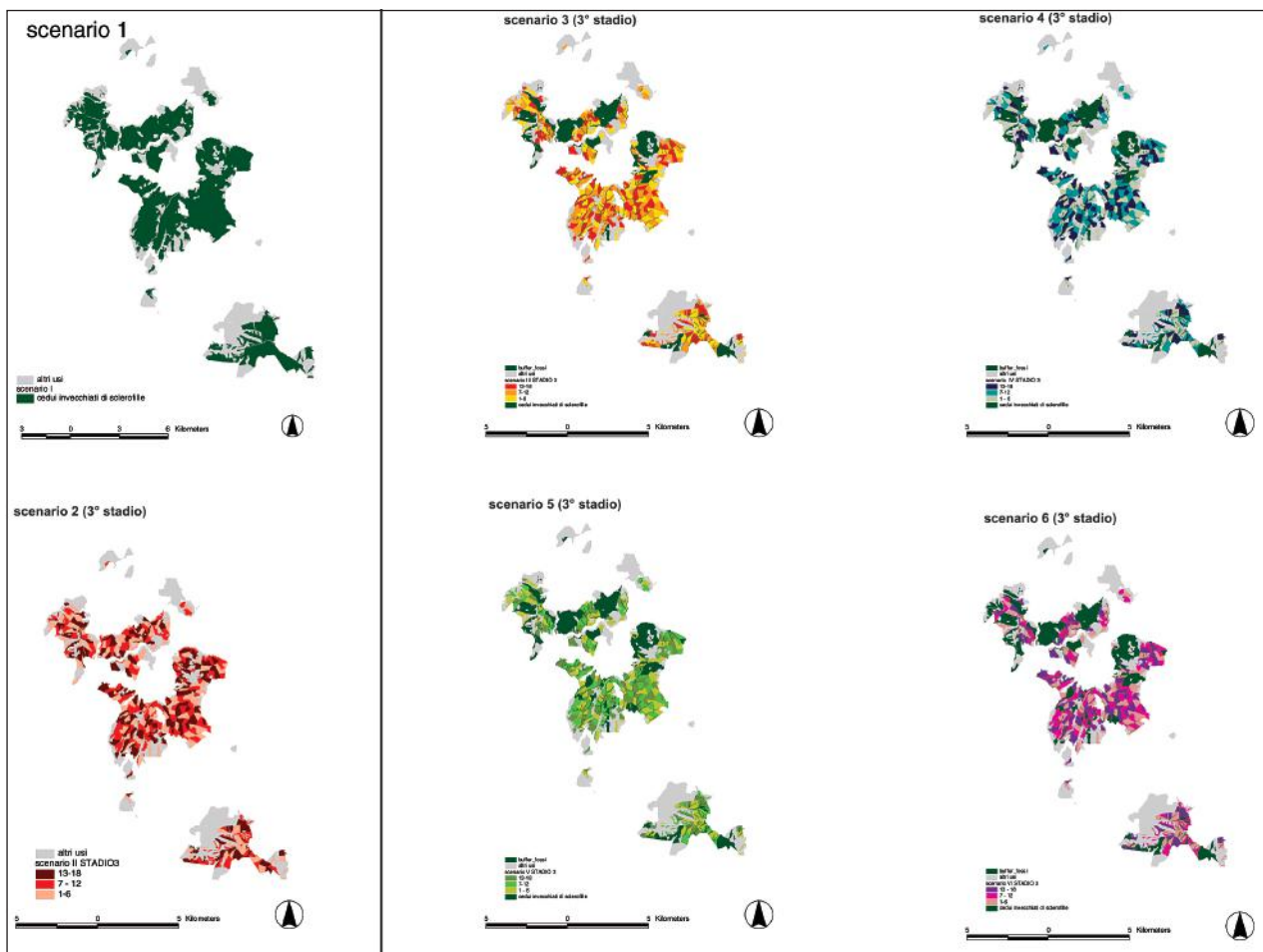


Tavola 3 – Confronto tra gli scenari (3° stadio).
Comparison among scenarios (3rd stage).

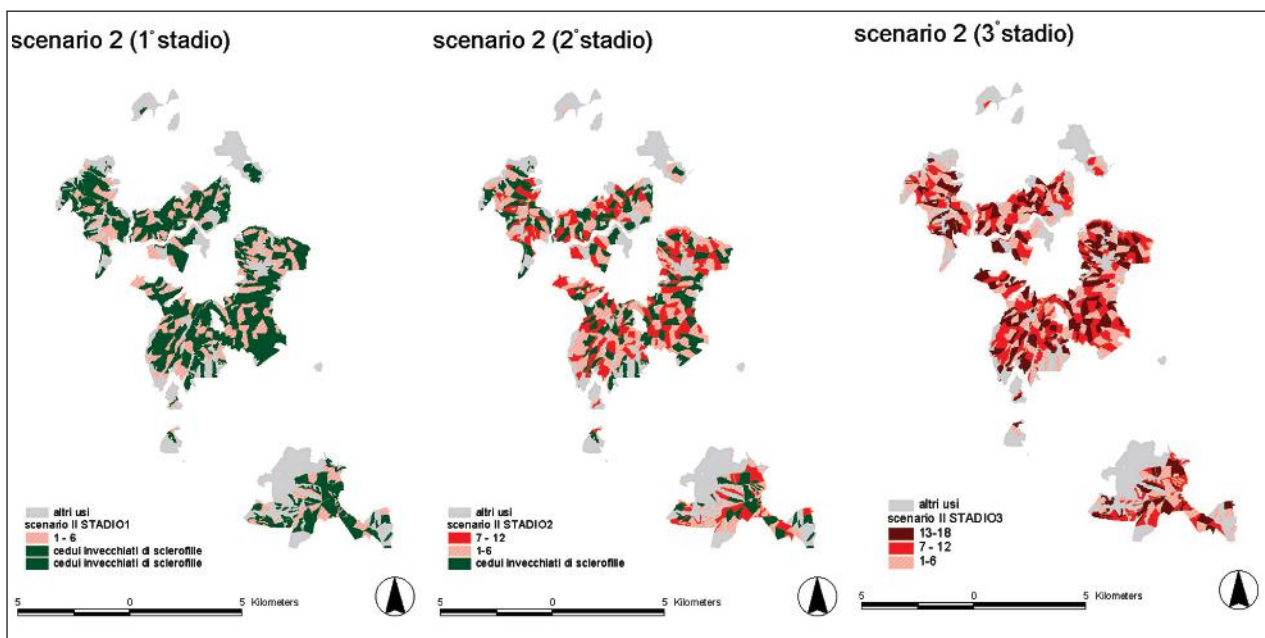


Tavola 4 – Dinamica dello scenariò 2.
Dynamics of scenariò 2.

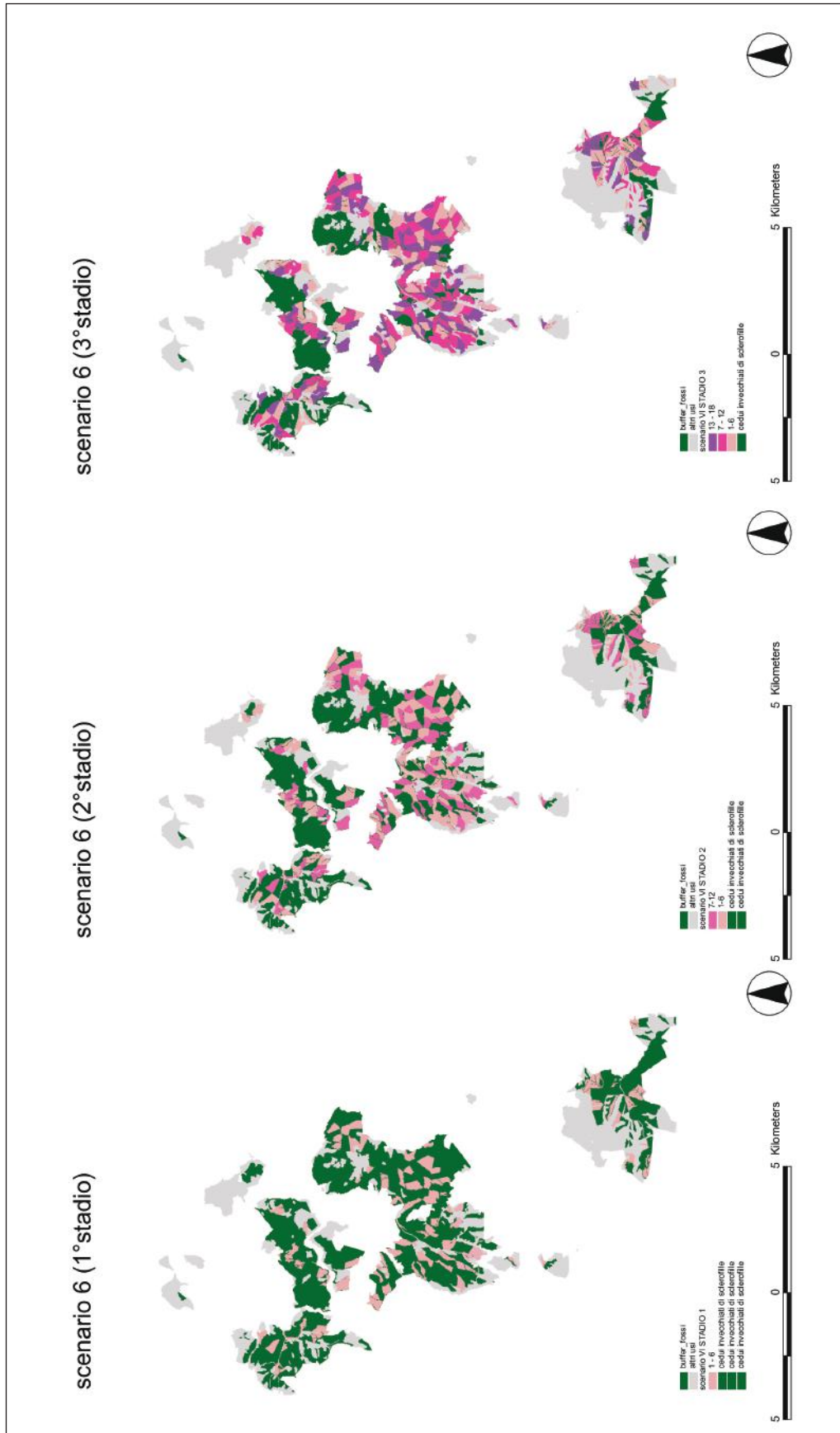


Tavola 5 – Dinamica dello scenario 6.
Dynamics of scenario 6.

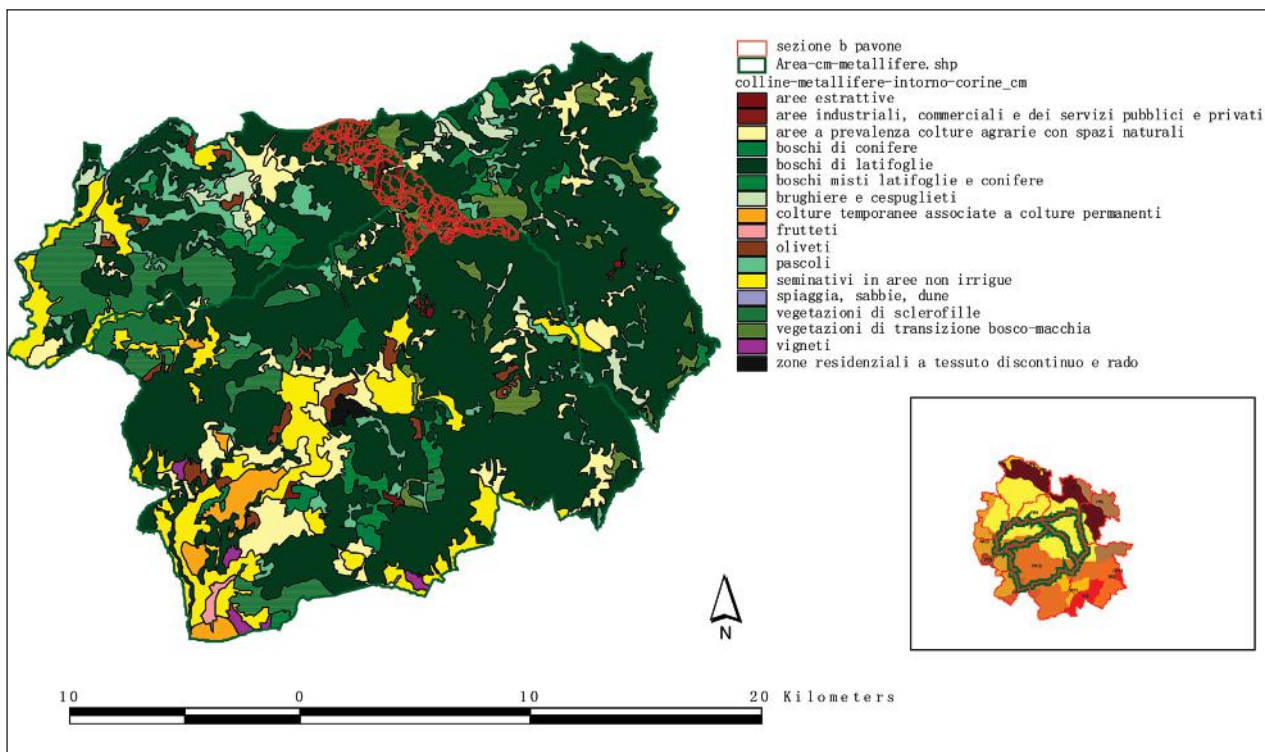


Tavola 6 – Inquadramento vegetazionale (copertura del suolo).
Vegetation context (land cover).

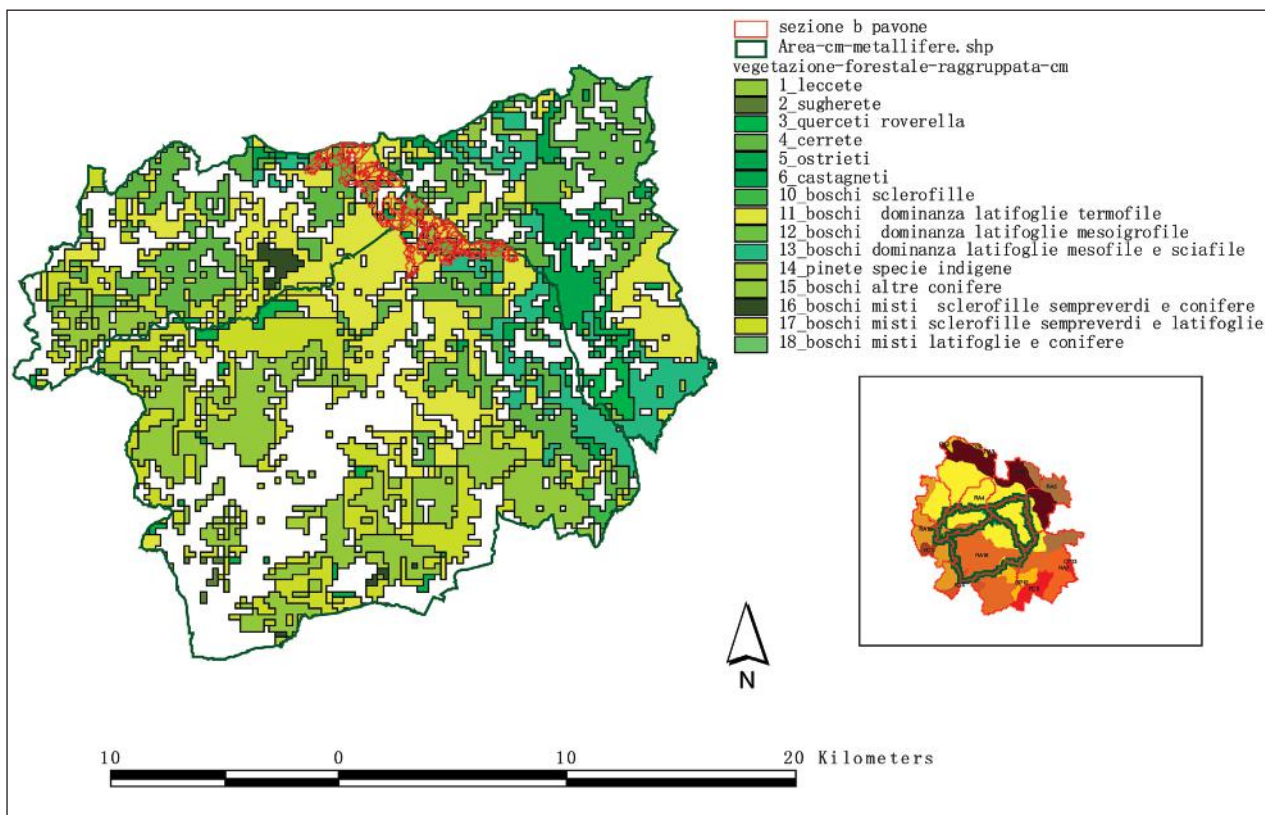


Tavola 7 – Inquadramento vegetazionale (tipi forestali).
Vegetation context (forest types).

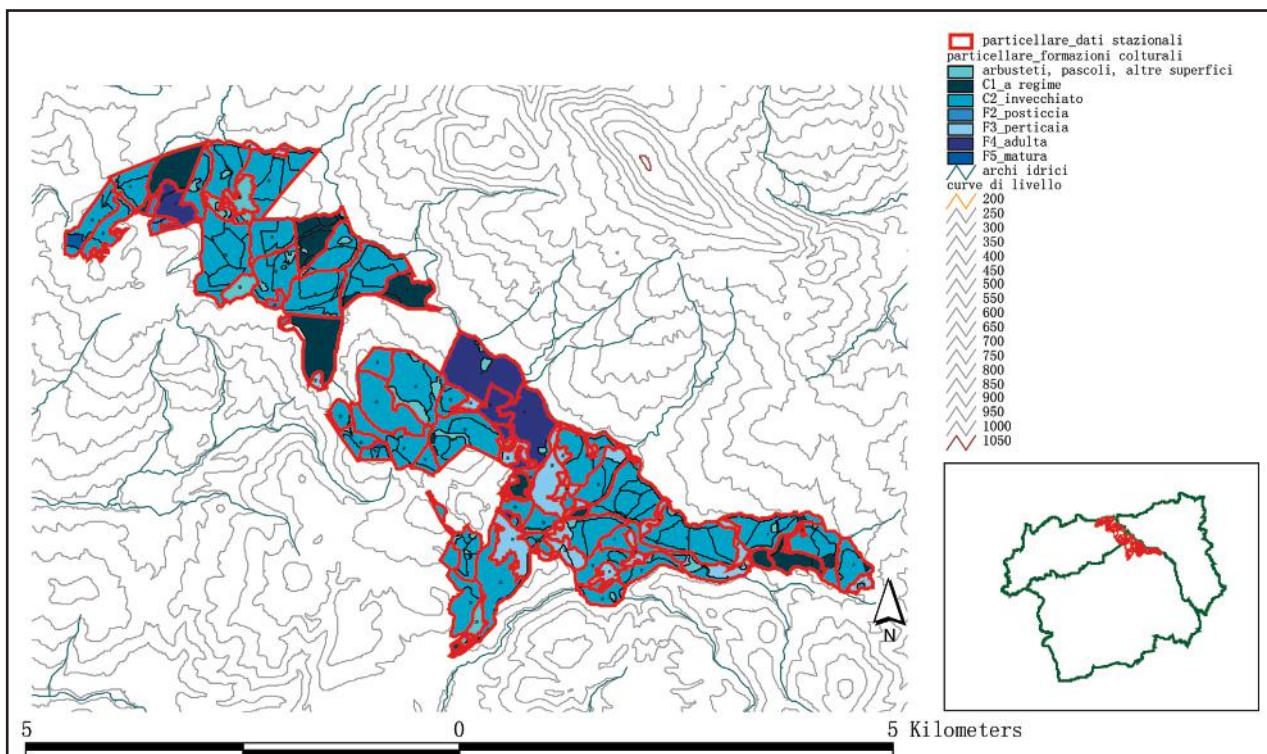


Tavola 8 – Inquadramento gestionale (tipi di struttura).
Management context (structure types).

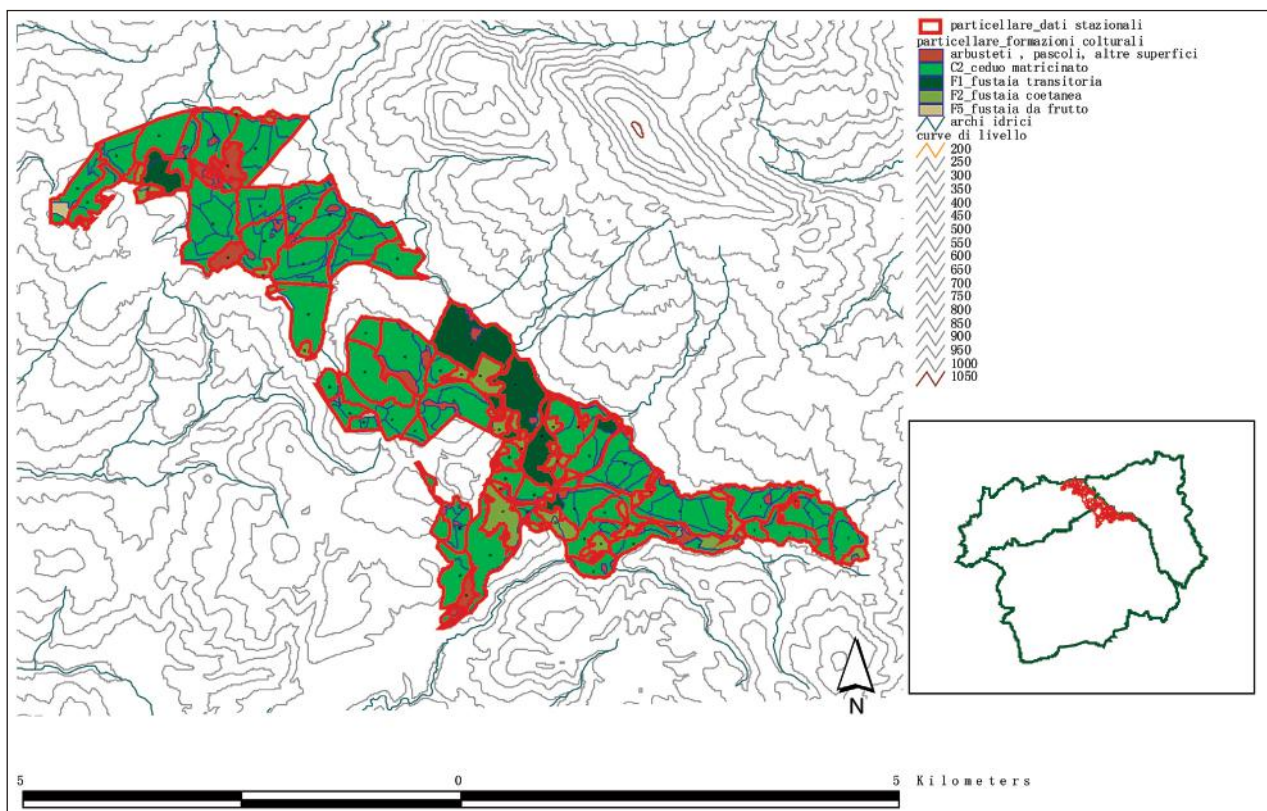


Tavola 9 – Inquadramento gestionale (tipi di formazione).
Management context (forest land use types).

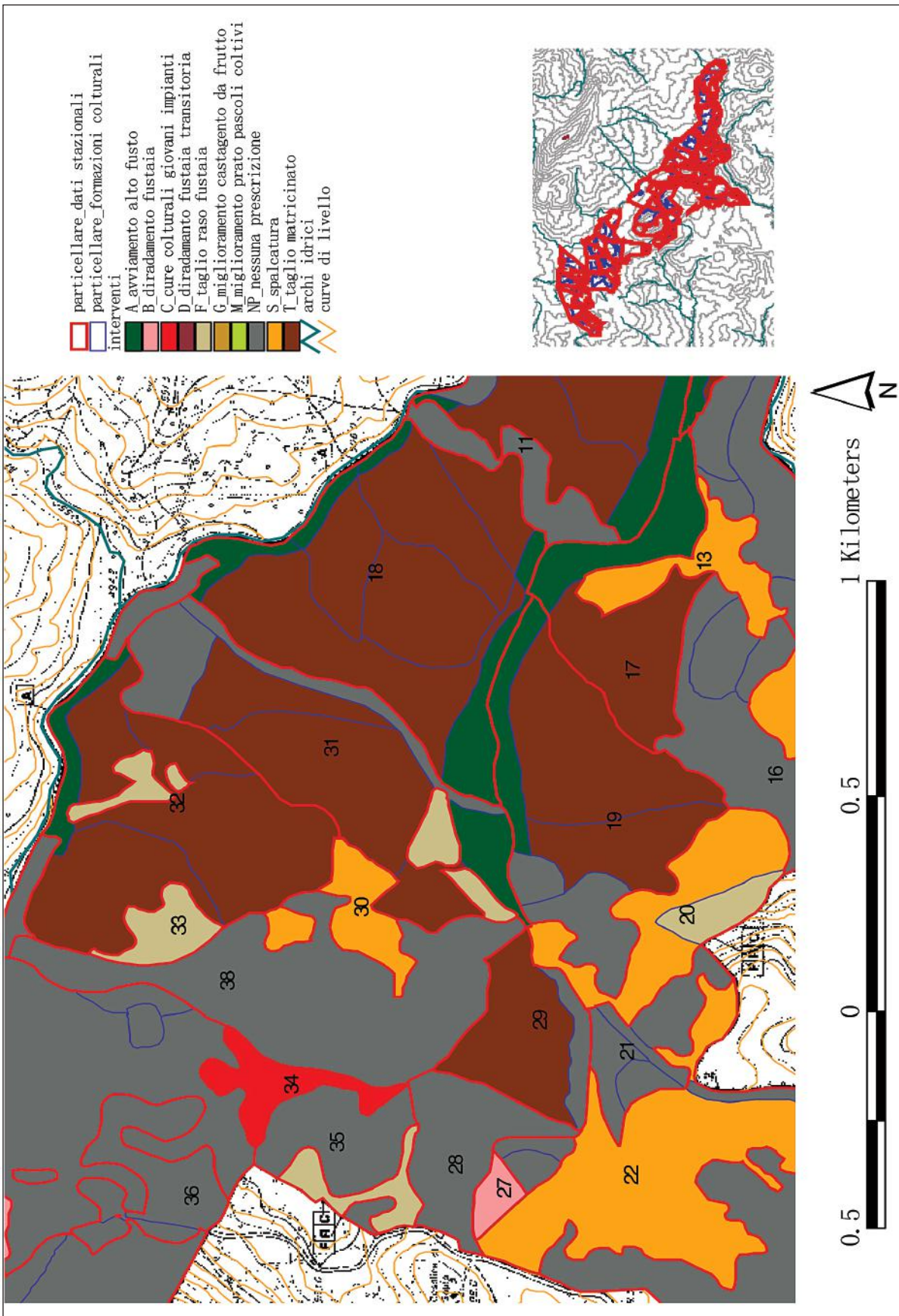


Tavola 10 – Inquadramento selvicolturale.
 Silviculture context.

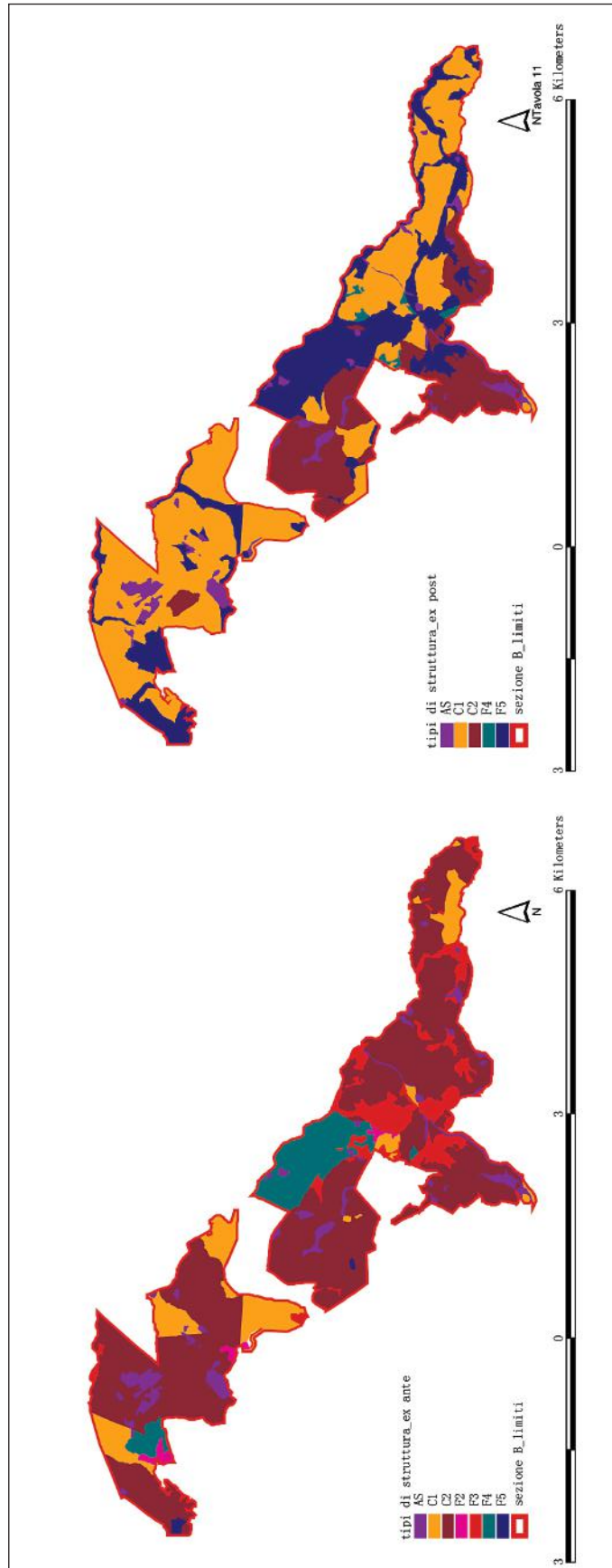


Tavola 11 – Dinamica della distribuzione spaziale dei tipi di struttura. Sono rappresentati i livelli gerarchici II e III.
Structure type spatial distribution dynamics. II and III hierarchical levels are represented.