

Modifiche compositive e strutturali in soprassuoli in evoluzione naturale della riserva M.a.B. di Montedimezzo (Isernia)[§]

Maria Chiara Manetti¹*, Orazio Ivan Gugliotta¹

Accettato il 10 aprile 2008

Riassunto – Il presente lavoro si inserisce nell'ambito di un protocollo sperimentale avviato nel 1954 per analizzare le dinamiche evolutive di fustaie miste di latifoglie a prevalenza di cerro (*Quercus cerris* L.) e faggio (*Fagus sylvatica* L.) in assenza di disturbo antropico diretto. Vengono riportate le osservazioni inerenti lo sviluppo dei soprassuoli avvenuto negli ultimi quindici anni. Il metodo di studio è consistito in analisi di tipo quantitativo e qualitativo, con rilievi ripetuti nel tempo in due aree di saggio permanenti (3 ha ciascuna) e in due transect di struttura (0.2 ha ciascuno) situati all'interno della riserva M.a.B. di Collemeluccio-Montedimezzo (Is). Lo studio ha evidenziato le differenze fra i due soprassuoli esaminati, entrambi a struttura pluristratificata, rilevate già nel 1954. Con un indice di importanza del 53% il faggio è la specie a maggior peso nell'area a quota più elevata, seguita dal cerro (I=25%). Nell'area bassa è il cerro (I=46%) la specie principale, seguita dal carpino bianco (*Carpinus betulus* L.) (I=28%) e dal faggio (I=12%). Lo sviluppo dell'ultimo quindicennio conferma, in entrambi i soprassuoli, le osservazioni precedenti relative alla diminuzione del numero dei fusti di cerro e alla sempre maggiore importanza del faggio. Fra le specie secondarie solo l'abete bianco (*Abies alba* Mill.), di origine artificiale, e l'agrifoglio (*Ilex aquifolium* L.) aumentano il loro peso all'interno del complesso arboreo, mentre il carpino bianco e l'acero campestre (*Acer campestre* L.) sono in fase recessiva.

Parole chiave: aree permanenti, dinamiche evolutive, struttura, *Quercus cerris*, *Fagus sylvatica*, boschi non gestiti.

Abstract – Tree species composition and structural dynamics in forest stands under natural evolution in the Montedimezzo M.a.B. reserve. This study is included in an experimental protocol established in 1954 aimed at examining the natural dynamics in mixed broadleaves high forests dominated by Turkey oak (*Quercus cerris* L.) and beech (*Fagus sylvatica* L.). Stand development patterns in the last fifteen years are reported. Repeated quantitative and qualitative inventories were carried out in two permanent plots (3 ha each) and in two structural transects (0.2 ha each) located in Collemeluccio-Montedimezzo M.a.B. reserve (Is). The study highlighted, as already observed in 1954, the differences between the two multilayered stands. In the higher elevation beech is the predominant species recording 53% of importance value index (I), followed by Turkey oak (I=25%). In the lower elevation the dominant species is Turkey oak (I=46%), followed by hornbeam (*Carpinus betulus* L.) (I=28%) and beech (I=12%). The decreased presence of Turkey oak and the increase of beech density are confirmed in each plot over the last fifteen years. Among the other tree species, importance values rise only for silver fir (*Abies alba* Mill.) (introduced) and holly tree (*Ilex aquifolium* L.), while hornbeam and hedge maple have been reducing their own presence.

Key words: permanent plots, forest dynamics, structure, *Quercus cerris*, *Fagus sylvatica*, unmanaged forests

F.D.C.: 524.634 : 228.0 : 228.8 : (450.65)

Introduzione

Lo studio dei sistemi vegetali mediante osservazioni prolungate in aree sperimentali permanenti rappresenta una tipologia di indagine da tempo diffusa nelle scienze forestali e un valido procedimento per osservare le dinamiche, esaminare le reazioni a fattori di disturbo, testare l'attendibilità di modelli ecologici basati su deduzioni di carattere teorico (BAKKER *et al.* 1996).

Negli ultimi decenni questa modalità di analisi si è arricchita di nuovi significati sia per la crescente attenzione verso la selvicoltura naturalistica e la salvaguardia della biodiversità (ATTIWILL 1994, OLIVER e LARSON 1996, PETERKEN 1996, 1999, MARTIN e BAILEY

1999, BENGTTSSON *et al.* 2000, EMBORG *et al.* 2000, FRANKLIN *et al.* 2002, GAMBORG e LARSEN 2003, PACI 2004, MEYER 2005, BIANCHI *et al.* 2006, LARSEN e NIELSEN 2007) sia per verificare le ripercussioni dei cambiamenti ambientali sulla stabilità e funzionalità delle foreste (BAKKER *op. cit.*, CHERUBINI e DOBBERTIN 1997, FERRETTI 1997, FERRETTI e CHERUBINI 1998).

Nel nostro Paese un esempio di aree sperimentali permanenti è rappresentato da quelle istituite intorno alla metà degli anni '50 del secolo scorso dall'allora Stazione Sperimentale di Selvicoltura. Tali aree furono sottratte a qualsiasi intervento antropico con l'obiettivo di studiare la tendenza evolutiva delle fitocenosi prescelte e trarne indicazioni sul trattamento selvicolturale. L'analisi delle direzioni evolutive

[§] Lavoro svolto in parti uguali dagli autori.

* Autore corrispondente mariachiara.manetti@entecra.it

¹ C.R.A. - Centro di ricerca per la selvicoltura - Viale S. Margherita, 80 - 52100 Arezzo (Italy) T. +39 0575 353021, fax +39 0575 353490.

dei popolamenti forestali al cessare delle cause di disturbo antropico, oltre a presentare un risvolto pratico nell'individuazione di modelli gestionali in linea con le dinamiche naturali, risulta oggi di particolare interesse scientifico sia per quantificare il valore dei popolamenti forestali sotto il profilo biologico, ecologico e ambientale, sia per monitorare l'evoluzione delle suddette formazioni in funzione del tempo e di fattori perturbanti quali cambiamenti globali e inquinamento.

Due di queste aree furono realizzate nella foresta di Montedimezzo in popolamenti misti di latifoglie decidue rappresentativi di buona parte della vegetazione forestale dell'Alto Molise (GUIDI *et al.* 1991); una regione forestale dalle interessanti peculiarità bioclimatiche (GIACOMINI e FENAROLI 1958, BIONDI e BALDONI 1991) che si riflettono sulla composizione specifica delle comunità vegetali (PAURA e ABBATE 1993). Si tratta di soprassuoli che hanno rivestito fino al recente passato una notevole importanza economica (ANTONIOTTI 1950, PATRONE 1951, 1971, BERNETTI 1995) in cui l'intensa e secolare pressione antropica ha, in molti casi, indotto una eccessiva semplificazione strutturale e compositiva.

Analogamente a quanto si è verificato in altri distretti dell'Appennino, la flessione demografica del secondo dopoguerra e le variazioni del mercato dei prodotti legnosi hanno determinato dei cambiamenti nei protocolli gestionali tradizionali con frequenti abbandoni colturali. La sospensione delle utilizzazioni ha innescato processi dinamici che hanno modificato i rapporti tra le specie presenti e l'articolazione strutturale dei soprassuoli.

Il presente lavoro si inserisce nell'ambito della sperimentazione avviata nel 1954 e fa seguito ad un precedente contributo (GUIDI *et al. op. cit.*) in cui venivano analizzate le variazioni occorse nel soprassuolo fino al 1991. In particolare si propone di: (i) aggiornare il monitoraggio delle aree sperimentali; (ii) analizzare il trend evolutivo delle biocenosi dal punto di vista compositivo e strutturale; (iii) fornire interpretazioni ecologiche sul dinamismo di questi soprassuoli.

Materiale e Metodi

L'area di studio

L'area di Montedimezzo (Figura 1), situata nel territorio di Vastogirardi (Isernia), fa parte della riserva "Collemeluccio-Montedimezzo" istituita nel biennio 1971-1972 e dal 1977 inserita nel novero delle riserve

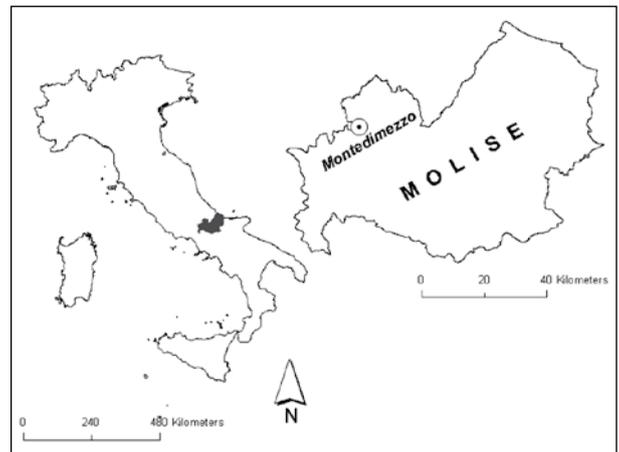


Figura 1 - Localizzazione dell'area oggetto di studio.
Localization of the study area.

MaB (Man and Biosphere) dell'Unesco. Il bosco sotto tutela, gestito dall'Azienda di Stato per le Foreste Demaniali dal 1909, si estende per 291 ettari, ad una quota compresa tra 921 e 1284 m s.l.m., su versanti prevalentemente esposti a nord.

La matrice geologica della foresta è rappresentata da formazioni flyschoidi ad arenarie o ad arenarie marnose e argillose (Miocene) a contatto con calcari grigio chiari debolmente marnosi (Eocene), calciduriti e calcareniti (Oligo-Miocene). Il profilo pedologico è ascrivibile ai suoli bruni calcarei e ai suoli bruni molto argillosi, a tratti idromorfi, ma ben strutturati.

I dati provenienti dalla vicina stazione termopluviometrica di Feudozzo (923 m s.l.m.) indicano assenza di aridità estiva, piovosità media annua di 1006 mm, distribuita in 100 giorni piovosi con massimo autunnale e minimo estivo, temperatura media annua di 8.4 °C, quella del mese più caldo (luglio) di 17.2 °C, quella del mese più freddo (gennaio) di 0.9 °C, alta probabilità di gelate per 8-10 mesi l'anno.

Secondo la classificazione di Pavari la foresta di Montedimezzo rientra nella sottozona calda del *Fagetum*, con trasgressioni verso la sottozona fredda alle quote più elevate e verso il *Castanetum* sottozona fredda a quelle inferiori. Per la descrizione dettagliata delle specie legnose che compongono il soprassuolo e la loro disposizione strutturale si rimanda a GUIDI *et al. (op. cit.)*. Dal punto di vista fitosociologico i boschi di Montedimezzo sono riferibili al *Polystichofagetum acerotosum pseudoplatani* Feoli e Lagonegro 1982 var. ad *Acer lobelii*, all'*Aquifolio-Fagetum Gentile* 1969 *fraxinetosum excelsioris* subass. nova e all'*Aquifolio-Fagetum abietetosum albae* Gentile 1969 facies a *Quercus cerris* (ABBATE 1990).

La sperimentazione

Nel 1954 furono delimitate all'interno della Foresta di Montedimezzo 2 parcelle sperimentali (A e B) di 3 ettari ciascuna. L'area A è ubicata a una quota di 1040 m s.l.m. e interessa un tratto di foresta in cui il faggio è la specie principale. L'area B si trova invece ad una quota di 940 m s.l.m. e la specie che predomina è il cerro. Per la descrizione dettagliata delle metodologie di inventario impiegate nel corso dell'esperienza e dei successivi affinamenti sperimentali si rimanda a GUIDI *et al.* (*op. cit.*) e a GUIDI e MANETTI (1992).

Nel marzo del 2006 è stato effettuato un nuovo inventario all'interno delle 2 parcelle sperimentali. In ogni parcella sono state censite, suddivise per specie, tutte le piante vive con diametro a petto d'uomo superiore a 2.5 cm e su circa un terzo è stata misurata l'altezza totale per la determinazione della curva ipsometrica.

La densità ($n \text{ ha}^{-1}$), l'area basimetrica ($G \text{ ha}^{-1}$) e il diametro medio (Dg) sono stati calcolati per gruppi dimensionali: piante piccole ($D < 17.5 \text{ cm}$), medie ($17.5 \text{ cm} \leq D < 32.5 \text{ cm}$), grosse ($32.5 \text{ cm} \leq D < 52.5 \text{ cm}$), molto grosse ($D \geq 52.5 \text{ cm}$). I dati sono stati elaborati a livello individuale per le specie principali (cerro, faggio, carpino bianco (*Carpinus betulus* L.), acero campestre (*Acer campestre* L.), abete bianco (*Abies alba* Mill.) e collettivo per le specie a minore partecipazione, catalogate come "altre" nell'esposizione dei risultati.

Sulla base del cavallettamento è stato inoltre valutato l'indice di importanza ($I = 100 * [\text{densità relativa} + \text{area basimetrica relativa}] / 2$) suddiviso per specie o per gruppi di specie, secondo la metodologia adoperata da CHAPMAN *et al.* (2006).

La stima della biodiversità è stata effettuata analizzando la variazione nel tempo (dal 1954 al 2006) di due indici di diversità specifica.

i) Indice SH di SHANNON-WEAVER (1948) calcolato sia sul numero dei fusti sia sui valori di area basimetrica relativi a ciascuna specie censita:

$$SH = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \log p_i$$

S = numero di specie; $p_i = n_i / N$ o g_i / G ; n_i = numero di individui della specie i ; g_i = valore complessivo di area basimetrica della specie i ; N = numero totale di individui; G = area basimetrica totale del popolamento.

Il valore di SH aumenta all'aumentare del numero di specie presenti e può assumere valori compresi fra 0 e ∞ .

ii) Indice S di SIMPSON (1949), anche in questo caso riferito sia al numero di fusti sia ai valori di area basimetrica di ciascuna specie:

$$S = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2$$

p_i = frequenze delle specie $p_i = n_i / N$ o g_i / G ; n_i = numero di individui della specie i ; g_i = valore complessivo di area basimetrica della specie i ; N = numero totale di individui; G = area basimetrica totale del popolamento

A differenza dell'indice precedente, S prende in considerazione la dominanza di una specie rispetto alle altre; il suo valore aumenta all'aumentare della biodiversità e varia tra 0 e 1.

Ulteriori elaborazioni hanno riguardato la determinazione degli indici di diversità strutturale, misurata lungo il piano orizzontale e il profilo verticale. In questo caso sono stati considerati i valori desunti all'interno dei transetti rettangolari (20x100 m) realizzati nel 1991 in zone particolarmente rappresentative delle due aree (GUIDI *et al. op. cit.*). Per la determinazione della distribuzione spaziale è stato utilizzato l'indice di Cox (CI) espresso dalla notazione:

$$CI = \frac{s_x^2}{\bar{x}}$$

s_x^2 = varianza; \bar{x} = media del numero di piante presenti all'interno delle 20 subaree (10x10 m) in cui è stato suddiviso il transect.

Valori dell'indice superiori a 1 indicano una distribuzione degli individui di tipo aggregato, uguale a 1 una distribuzione casuale e minore di 1 una distribuzione di tipo regolare (NEUMANN e STARLINGER 2001; DEL RIO *et al.* 2003, MONTES *et al.* 2005.).

La variabilità strutturale lungo il profilo verticale è stata analizzata utilizzando l'indice di SHANNON-WEAVER (*op. cit.*), modificato secondo la formula proposta da PRETZSCH (1999) con la suddivisione del popolamento in 3 livelli di altezze (0-50%, 50-80% e 80-100% dell'altezza massima)

$$A = - \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^z p_{ij} \cdot \ln p_{ij}$$

S = numero di specie; Z = numero di strati considerati; $p_{ij} = n_{ij} / N$; n_{ij} = numero di individui della specie i nello strato j ; N = numero complessivo di individui.

La complessità strutturale aumenta con l'aumentare del valore di A, il cui valore massimo dipende dal numero di specie presenti.

Risultati

L'inventario del 2006

Il cavallettamento ha messo in evidenza la similarità delle due aree per quanto concerne il numero complessivo di soggetti censiti e l'area basimetrica (Tabella 1). Sia l'area A che l'area B sono caratterizzate da una buona fertilità stazionale e da un soprassuolo pluristratificato dominato rispettivamente dal faggio e dal cerro, ai quali si associano negli strati inferiori le specie subordinate.

In A il faggio ha un I (indice di importanza) del 53%, ascrivibile in maniera simmetrica all'area basimetrica

e alla densità, mentre l'I del cerro (25%) è dovuto in gran parte all'area basimetrica. Con una densità di 74 piante e un'area basimetrica di 0.64 m² a ettaro, il carpino bianco ha una scarsa importanza, mentre la presenza dell'acero campestre è sporadica. All'interno dell'area sono stati rilevati nuclei artificiali di abete bianco e un insieme estremamente variegato di specie legnose comprendente acero di monte (*Acer pseudo-platanus* L.), acero di Lobelius (*Acer lobelii* Ten.), agrifoglio (*Ilex aquifolium* L.), frassino maggiore (*Fraxinus excelsior* L.), ontano napoletano (*Alnus cordata* Loisel.), ciavardello (*Sorbus torminalis* L.), nocciolo (*Corylus avellana* L.), corniolo (*Cornus mas* L.), sambuco (*Sambucus nigra* L.), biancospino (*Crataegus oxyacantha* L.), berretta da prete (*Euonymus europaeus* L.).

In B la specie prevalente è il cerro (I=46%) anche se

Tabella 1 - Densità, area basimetrica, indice di importanza, diametro medio e altezza dominante nelle due aree (1991-2006).
Density, basal area, importance value, mean diameter and top height in the examined areas (1991-2006).

	Area A						Totale
	Faggio	Cerro	Carpino bianco	Acero camp.	Abete	Altre ^a	
Densità 1991 (N/ha)	592	75	164	44	54	150	1079
Densità 2006 (N/ha)	447	69	74	3	119	135	847
Area basimetrica 1991 (m ² /ha)	22.25	18.67	0.71	0.26	0.09	1.07	43.05
Area basimetrica 2006 (m ² /ha)	25.08	20.12	0.64	0.02	0.42	1.39	47.67
Importanza relativa 1991 (%)	53	25	8	2	3	8	100
Importanza relativa 2006 (%)	53	25	5	0	7	9	100
Diametro medio 1991 (cm)	21.9	56.3	7.4	8.7	5.1	9.8	22.5
Diametro medio 2006 (cm)	26.7	61.1	10.5	7.6	6.7	11.4	26.8
Altezza dominante 1991 (m)							29.9
Altezza dominante 2006 (m)							31.9

	Area B					Totale
	Faggio	Cerro	Carpino bianco	Acero Camp	Altre ^b	
Densità 1991 (N/ha)	59	273	719	238	170	1458
Densità 2006 (N/ha)	61	215	395	129	72	872
Area basimetrica 1991 (m ² /ha)	6.42	26.88	5.05	2.08	0.62	41.05
Area basimetrica 2006 (m ² /ha)	8.14	31.28	4.69	1.55	0.52	46.18
Importanza relativa 1991 (%)	10	42	31	11	7	100
Importanza relativa 2006 (%)	12	46	28	9	5	100
Diametro medio 1991 (cm)	37.2	35.4	9.7	10.7	7.3	19.0
Diametro medio 2006 (cm)	43.0	41.2	12.3	12.4	9.6	26.0
Altezza dominante 1991 (m)						27.9
Altezza dominante 2006 (m)						31.0

^a acero di monte, acero di Lobelius, agrifoglio, frassino maggiore, ontano napoletano, ciavardello, nocciolo, corniolo, sambuco, biancospino, berretta da prete.

^b acero di monte, frassino maggiore, melo selvatico, perastro, ciliegio selvatico, agrifoglio, abete bianco, ciavardello, nocciolo, corniolo, sambuco, biancospino, berretta da prete, ginepro comune.

Tabella 2 - Distribuzione delle piante in classi dimensionali nelle due aree (1991-2006, P=piante piccole, M=piante medie, G=piante grosse, MG=piante molto grosse).

Tree distributions by size classes in the examined areas (1991-2006, P=small sized trees, M=medium sized trees, G=large sized trees, MG=very large sized trees).

Area A	Faggio		Cerro		Carpino b.		Acero c.		Abete		Altre ^a		Totale	
	1991	2006	1991	2006	1991	2006	1991	2006	1991	2006	1991	2006	1991	2006
	<i>P</i>	407	258	3	-	161	71	41	3	54	119	140	124	806
<i>M</i>	81	75	2	2	2	2	3	-	-	-	6	7	94	86
<i>G</i>	84	84	21	15	1	1	-	-	-	-	2	3	108	103
<i>MG</i>	19	30	49	52	-	-	-	-	-	-	1	1	69	83

Area B	Faggio		Cerro		Carpino b.		Acero c.		Altre ^b		Totale	
	1991	2006	1991	2006	1991	2006	1991	2006	1991	2006	1991	2006
	<i>P</i>	18	17	59	10	678	348	224	113	166	69	1145
<i>M</i>	13	14	112	78	39	43	12	15	3	2	179	152
<i>G</i>	19	17	76	93	2	4	2	1	1	1	100	116
<i>MG</i>	9	13	26	34	-	-	-	-	-	-	35	47

^aV. Tabella 1^bV. Tabella 1

il carpino bianco è la specie presente con un maggior numero di soggetti. Diversamente dall'area A il faggio (I=12%) non ha una posizione predominante, l'acero campestre è più diffuso e diminuisce il peso delle specie legnose secondarie che annoverano l'acero di monte, il frassino maggiore, il melo selvatico (*Malus sylvestris* Miller), il perastro (*Pyrus pyrastrer* Burgsd.), il ciliegio selvatico (*Prunus avium* L.), l'agrifoglio, l'abete bianco (anche in questo caso di origine artificiale), il ciavardello, il nocciolo, il corniolo, il sambuco, il biancospino, la berretta da prete, il ginepro comune (*Juniperus communis* L.).

La scomposizione dei due popolamenti in quattro seriazioni diametriche (piccole, medie, grandi e molto grandi) (Tabella 2) segnala che in entrambe le aree prevalgono le piante di piccolo diametro (D<17.5cm). In A la categoria dimensionale inferiore comprende 575 piante e la frazione residua si distribuisce abbastanza uniformemente fra le altre tre classi. Il faggio, la cui distribuzione è assimilabile a quella dei boschi disetaneiformi (Figura 2), contribuisce maggiormente alla dotazione di piante piccole: il 58% dei soggetti della specie ha un diametro minore di 17.5 cm. Al contrario il cerro partecipa alla formazione del soprassuolo quasi esclusivamente con soggetti grossi o molto grossi e non sono state rinvenute piante di piccolo diametro, ancora presenti invece nel 1991. In questo caso la distribuzione per classi di diametro evidenzia una componente di soprassuolo tendenzialmente coeta-

nea. Le altre specie rientrano quasi tutte nell'ambito dei diametri medio - piccoli ad eccezione di alcune unità di carpino bianco e acero montano e frassino catalogate alla voce "altre specie".

Nell'area B le piante di piccole dimensioni coprono il 64% del totale, rappresentate principalmente dal carpino e dall'acero campestre. Rispetto all'area A il faggio è presente con pochi individui e mostra una distribuzione dimensionale abbastanza equilibrata. Il cerro è invece contraddistinto da una discreta presenza di piante di medie dimensioni (36%) anche se la maggior parte degli individui appartengono alla categorie grosse e molto grosse (59%).

Il confronto con gli inventari precedenti

Il confronto con gli inventari precedenti ha evidenziato, nell'ultimo periodo, una inversione di tendenza nei processi di natalità e mortalità rispetto a quanto registrato precedentemente (GUIDI *et al. op. cit.*).

Fino al censimento del 1991 il numero dei fusti era progressivamente cresciuto in entrambe le aree soprattutto per l'affermazione e la conseguente entrata a misura (soglia di cavallettamento di 2.5 cm) della rinnovazione naturale costituita principalmente da faggio, carpino bianco e acero campestre nell'area A e da carpino e acero nella B. La dinamica della rinnovazione naturale è stata valutata attraverso l'analisi dell'età effettuata nel 1991 su un campione di 306 piante appartenenti alle varie specie censite e alle ca-

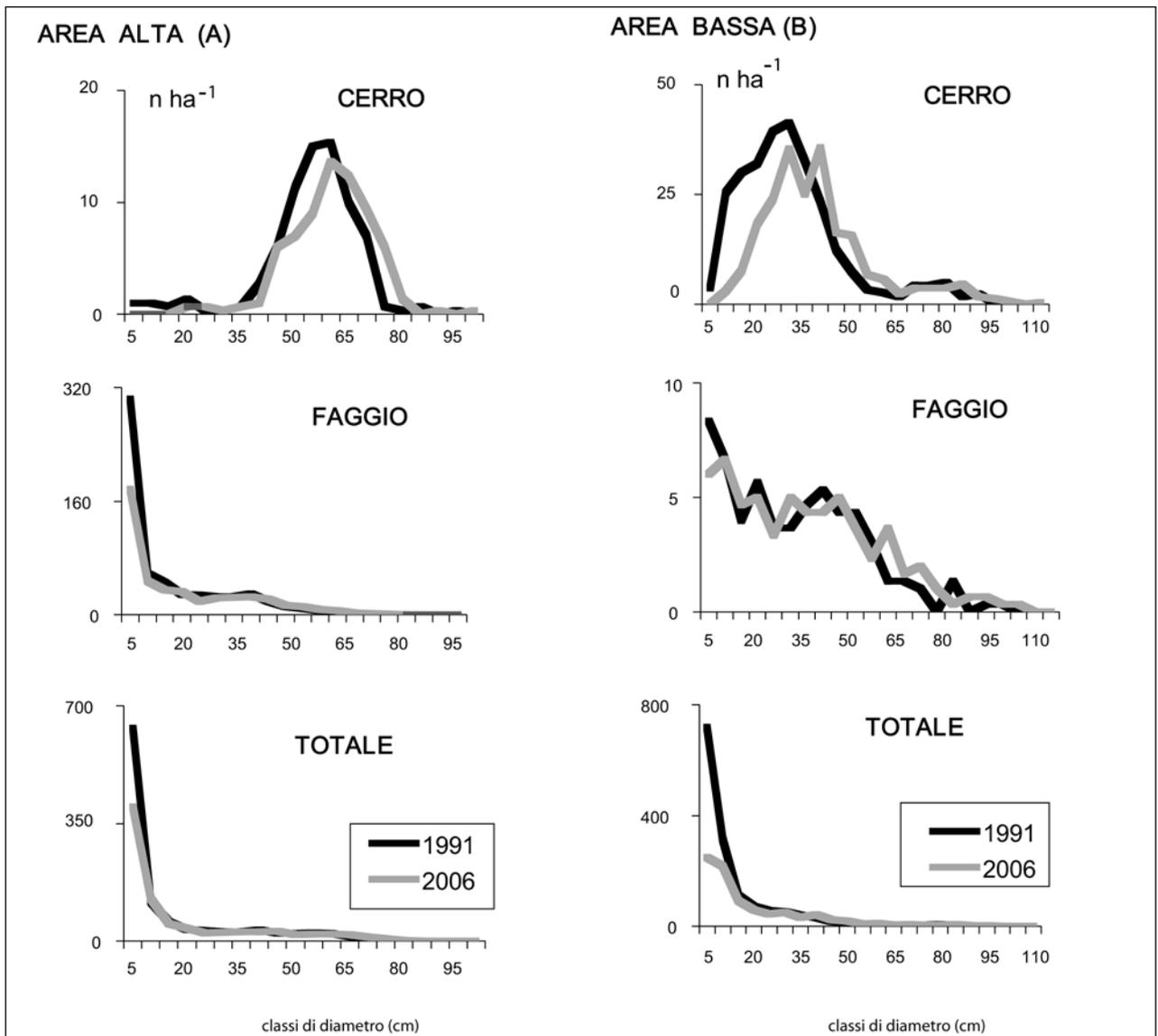


Figura 2 - Distribuzione del numero di fusti del faggio, cerro e totale nel 1991 e 2006.
Stem distribution of beech, Turkey oak and total in 1991 and 2006.

tegorie dimensionali piccole e medie. I risultati (figura 3) hanno evidenziato che, in entrambe le aree, le ultime nascite risalivano al 1975 e che erano concentrate negli anni successivi all'istituzione delle aree permanenti (dal 1956 al 1970) per il carpino bianco e l'acero campestre, mentre si erano verificate precedentemente sia per il faggio che per il cerro.

Al contrario, il consistente decremento numerico registrato nell'ultimo inventario è dovuto alla notevole mortalità occorsa in entrambe le aree nel periodo di 15 anni e che ha interessato essenzialmente i soggetti catalogabili fra i diametri piccoli (tabella 1 e 2). Nell'area A le variazioni più significative si sono verificate a carico dell'acero campestre, che è praticamente scomparso, e del carpino bianco mentre nell'area B

la riduzione numerica ha interessato anche le specie legnose secondarie.

L'analisi del ruolo funzionale assunto dalle diverse specie nel tempo (figura 4) ha poi evidenziato che nell'area A non si sono verificate modifiche sostanziali dal 1954 all'attualità ad eccezione del cerro che ha fatto registrare una graduale e limitata perdita di importanza; il faggio era e rimane la specie edificatrice del popolamento e le altre specie mantengono nel tempo un ruolo subordinato. Infine sono da segnalare il notevole aumento numerico dell'agrifoglio (catalogato fra le altre specie) e dell'abete bianco registrato nell'ultimo inventario.

Nell'area B le variazioni sono state invece più rilevanti ed hanno interessato principalmente il cerro

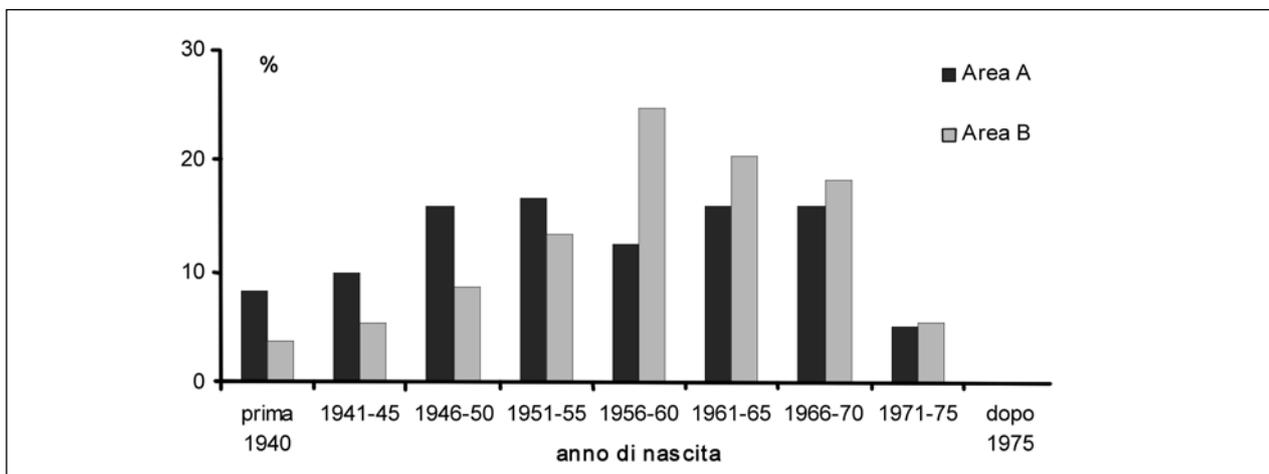


Figura 3 - Distribuzione percentuale del numero delle piante in funzione dell'anno di nascita nelle due aree sperimentali (analisi effettuata su un campione di 120 piante nell'area A e 186 nella B).
Percentage of stems per year of birth in the two stands examined (analysis carried out on 120 stems in A and 186 in B).

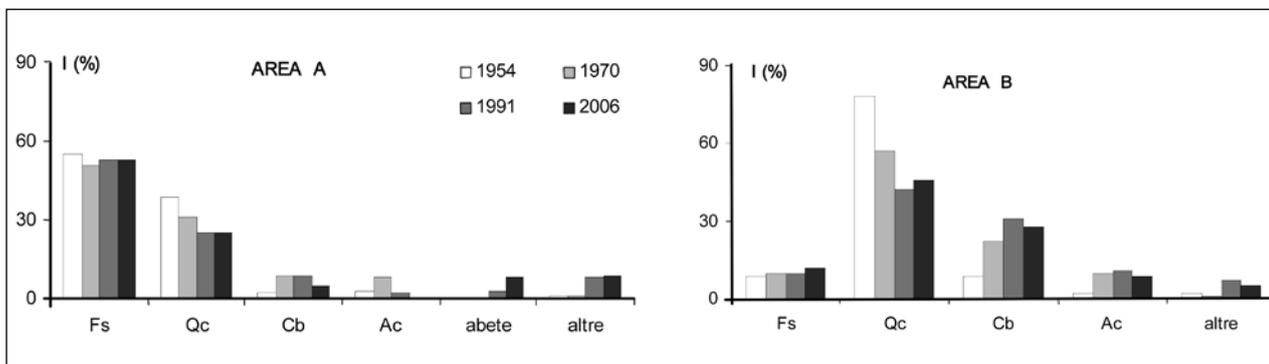


Figura 4 - Andamento dell'indice di importanza (I) nelle due aree per specie e nei quattro inventari.
Importance value (I) in the two examined stands per species and in the four inventories.

e il carpino bianco mentre faggio, acero campestre e le altre specie associate hanno avuto sempre un'importanza ridotta e tendenzialmente stabile nel tempo. Dal 1954 fino all'inventario del 1991 la contrazione del cerro ha favorito l'insediamento e l'affermazione del carpino bianco, l'ultimo censimento ha invece evidenziato una inversione di tendenza registrando un aumento del peso relativo del cerro e una contemporanea riduzione del carpino bianco.

Fisionomia strutturale e indicatori di diversità specifica

Nel 1991 i valori dell'indice di Cox per l'area A indicavano una disposizione delle piante estremamente raggruppata che si conferma, anche se con valori

Tabella 3 - Struttura orizzontale. Valori dell'indice di Cox (CI) nelle due aree (1991-2006, P=piante piccole, G+MG=piante grosse + piante molto grosse).
Horizontal stand structure. Cox index in the examined areas (1991-2006, P=small sized trees, G+MG= large sized trees + very large sized trees).

	CI	
	1991	2006
Area A		
Totale	5.19	2.65
P	7.61	3.51
G + MG	0.71	0.95
Area B		
Totale	1.55	0.84
P	2.31	1.53
G + MG	0.57	0.66

molto più attenuati, nel 2006 (Tabella 3). Nell'area B invece l'indice segnalava all'inventario precedente una leggera tendenza all'aggregazione che si regola-

Tabella 4 - Struttura verticale. Valori dell'indice di Pretzsch (A) nelle due aree (1991-2006, AN= indice di Pretzsch calcolato sul numero delle piante, AG= indice di Pretzsch calcolato sull'area basimetrica).

Vertical stand structure. Pretzsch index (H) in the examined areas (1991-2006, AN= Pretzsch index calculated by tree density, AG= Pretzsch index calculated by basal area).

	A _N		A _G	
	1991	2006	1991	2006
Area A	2.18	2.32	1.19	1.34
Area B	1.96	1.83	1.33	1.18

rizza nel 2006. Il confronto fra le due aree evidenzia quindi una maggiore tendenza al raggruppamento di A rispetto a B, mentre quello fra le piante piccole e quelle grosse/molto grosse rivela una distribuzione di tipo aggregata per le prime, anche se con valori in diminuzione nel tempo, e una di tipo regolare per le seconde.

I valori della variabilità strutturale lungo il profilo verticale delle due aree sono riportati in tabella 4. L'indice di Pretzsch segnala una distribuzione delle piante lungo il profilo verticale leggermente più articolata nell'area A. La dinamica temporale della struttura verticale nell'arco di tempo considerato denota un andamento contrapposto fra le due aree segnalando un aumento della complessità nell'area A e una diminuzione nell'area B. Il ricorso all'area basimetrica per la valutazione dell'indice abbassa la complessità strutturale, pur mantenendo le medesime dinamiche temporali riscontrate nei due popolamenti. La differenza dei valori valutati in area basimetrica rispetto a quelli sul numero delle piante, è dovuta al maggior peso degli esemplari più grossi che occupano le parti superiori del profilo verticale.

Gli indicatori di biodiversità evidenziano, in entrambe le aree, un aumento progressivo sia del numero di specie presenti sia degli indici di diversità specifica

dal 1954 al 1991 (tabella 5). Nell'ultimo periodo invece, dal 1991 al 2006, è stata osservata una riduzione delle specie censite nell'area A e, al contrario, un ulteriore incremento nella B; inoltre non sono state registrate variazioni consistenti nei valori degli indici, calcolati sia in termini numerici sia funzionali.

Discussione

Le differenze riscontrate tra le due aree in termini compositivi e strutturali possono essere attribuite sia alle condizioni stazionali – maggior fertilità edifica dell'area ubicata a quota più elevata - sia ai passati trattamenti selvicolturali.

Le diverse condizioni stazionali sono sintetizzate e confermate dalle composizioni specifiche dei due popolamenti che, facendo riferimento all'analisi di ABBATE (*op. cit.*) effettuate per l'intera riserva, possono essere ricondotte all'*Aquifolio-Fagetum abietetosum albae* Gentile 1969 facies a *Quercus cerris* per l'area B e all'*Aquifolio-Fagetum* Gentile 1969 *fraxinetosum excelsioris* subass. nova per l'area A.

Il trattamento selvicolturale, oltre ad avere un effetto determinante e immediato sulla struttura e sulla composizione specifica dei popolamenti, influenza le dinamiche evolutive a medio e lungo termine, anche dopo molti decenni dalla cessazione del disturbo (KOPP 1999 in MEYER *op. cit.*). Studi effettuati in fagete dell'Europa continentale hanno rilevato la presenza di specie esigenti di luce a quasi 2 secoli di distanza dalla cessazione delle attività umane più significative (EMBOG *et al. op. cit.*).

Le notizie inerenti i trattamenti selvicolturali applicati nella foresta - ricavate dai piani di gestione redatti a partire dall'inizio del secolo scorso (MONTALDO 1950, AA VV 1985) - sono piuttosto frammentarie e incomplete. Gli interventi erano improntati a criteri quasi

Tabella 5 - Diversità specifica. Numero di specie, indice di Shannon e indice di Simpson nelle due aree nei quattro inventari (N=numero di specie, SH_N=indice di Shannon calcolato sul numero delle piante, SH_G=indice di Shannon calcolato sull'area basimetrica, S_N=indice di Simpson calcolato sul numero delle piante, S_G=indice di Simpson calcolato sull'area basimetrica).

Specific biodiversity. Number of tree species, Shannon index and Simpson index in both areas in the four inventories (N=number of tree species, SH_N=Shannon index calculated by tree density, SH_G=Shannon index calculated by basal area, S_N=Simpson index calculated by tree density, S_G=Simpson index calculated by basal area).

	Area A				Area B			
	1954	1970	1991	2006	1954	1970	1991	2006
N	8	8	18	15	8	8	16	18
SH _N	0.94	1.21	1.63	1.55	0.86	1.22	1.52	1.51
SH _G	0.85	0.90	0.95	0.94	0.69	0.96	1.07	0.99
S _N	0.48	0.63	0.66	0.68	0.42	0.66	0.69	0.71
S _G	0.52	0.55	0.54	0.54	0.33	0.48	0.53	0.50

esclusivamente empirici, con interventi episodici e dettati da considerazioni commerciali; l'esercizio del pascolo in bosco era poi un'attività molto praticata nelle foreste molisane. Inoltre, durante il primo conflitto mondiale si è verificata un'intensificazione delle utilizzazioni che ha favorito la diffusione delle specie secondarie. L'analisi di queste fonti e di alcuni documenti inediti redatti al momento della realizzazione delle aree sperimentali (MORANDINI, *non pubblicato*) consentono di affermare che in A il trattamento applicato rientrava nei canoni del taglio a scelta a carico delle piante più grosse, mentre in B le forme di gestione applicate erano riconducibili a tagli successivi di forte intensità. Le distribuzioni diametriche e le descrizioni delle 2 parcelle sperimentali al 1954 (GUIDI *et al. op. cit.*) sembrano confermare le differenti modalità di gestione selvicolturale che hanno contribuito alla maggiore competitività del faggio rispetto alle altre latifoglie nell'area A.

Gli ultimi tagli effettuati nella foresta sono stati realizzati nel 1952 e sono riconducibili alla ripulitura completa del sottobosco (MONTALDO *op. cit.*). La presenza di chiarie, diffuse soprattutto nell'area B (GUIDI *et al. op. cit.*), ha favorito l'invasione in massa dell'acero campestre, del carpino bianco e delle altre specie subordinate che, non più ostacolate da ulteriori interventi, hanno potuto accrescere il loro effettivo entrando a far parte stabilmente del popolamento. Le indagini condotte hanno infatti messo in luce come le modalità di reclutamento di questi soggetti siano ascrivibili non solo al ricaccio delle ceppaie ma anche al processo di rinnovazione naturale che si è innescato soprattutto nel ventennio seguente la ripulitura. I riflessi positivi indotti dall'interruzione delle pratiche colturali sulla variabilità specifica della foresta sono segnalati dall'aumento dei valori degli indici dal 1954 al 2006.

L'analisi degli indicatori strutturali contribuisce a chiarire le dinamiche interne al soprassuolo e permette di focalizzare i rapporti fra gli individui. La tendenza degli individui ad assumere nel tempo una disposizione più regolare nel piano orizzontale, registrata dall'indice di Cox in entrambi i popolamenti, è tipica dei boschi in evoluzione naturale (OLIVER e LARSON *op. cit.*) mentre la maggiore aggregazione evidenziata nell'area A potrebbe essere un retaggio della passata gestione selvicolturale (taglio a scelta). In aggiunta, la diversa disposizione osservata nelle piante di piccole dimensioni rispetto a quelle dominanti, riscontrata

anche da OHEIMB *et al.* (2005) in foreste di faggio in evoluzione naturale della Germania nord-orientale, è sintomatica della maggiore concentrazione di individui negli interspazi compresi fra i soggetti di grandi dimensioni, siti preferenziali di insediamento e di affermazione delle coorti più giovani. La competizione interindividuale è quindi più incisiva nell'ambito delle classi piccole, relegate negli strati inferiori dove le risorse ecologiche sono limitate. Il passaggio di alcuni soggetti agli strati superiori e l'accumulo progressivo di biomassa unitaria ne acuiscono la concorrenza e la mortalità.

Sicuramente significativa è la diminuzione numerica dell'acero campestre e del carpino bianco. In merito alla prima specie la riduzione è avvenuta sia nell'area A, dove era già in fase regressiva nel 1991 (GUIDI *et al. op. cit.*), sia nell'area B nella quale l'inversione di tendenza si è avvertita nell'ultimo quindicennio. Questo comportamento, in accordo con l'autoecologia della specie, è stato osservato anche da FABBIO e AMORINI (2006) in popolamenti cedui di cerro avviati ad altofusto nei quali l'acero è completamente scomparso all'età di circa 40 anni. Nel caso del carpino, il fenomeno è da mettere in relazione alle caratteristiche della specie meno longeva in condizione di copertura o di concorrenza asimmetrica e in grado di completare lo sviluppo solo allo scoperto (BERNETTI *op. cit.*). A questo trend fanno eccezione, in particolar modo per l'area A, l'agrifoglio - non più disturbato da interventi di ripulitura e libero di esprimere le proprie potenzialità nell'ambito dell'*Aquifolio-Fagetum* - e i nuclei artificiali di abete bianco, la cui dinamica è da valutare con attenzione per la tolleranza dell'ombra, la facilità di rinnovazione in boschi di latifoglie e la presenza della conifera in stazioni prossime a Montedimezzo (GUIDI 1971, ABBATE *op. cit.*, ROMAGNOLI e SCHIRONE 1992, PIRONE *et al.* 2000).

I risultati acquisiti fanno ipotizzare, a conferma del trend evolutivo pregresso, la sempre più probabile marginalità del cerro nello sviluppo del complesso arboreo. L'esiguo numero di soggetti di diametro piccolo è infatti indicativo delle difficoltà di affermazione della rinnovazione naturale. Questa tendenza è assai più accentuata nell'area A dove la specie aveva già un ruolo secondario. Il faggio invece mantiene una distribuzione cronologica più equilibrata che lascia presagire, nel medio-lungo periodo, una netta predominanza sul resto del popolamento nell'area A e una presenza comunque non trascurabile nell'area

B. Osservazioni simili sono state effettuate sia in una faggeta della Foresta Umbra (GUIDI e MANETTI 2000) sia in querceti caducifogli del continente nordamericano (CHAPMAN *et al. op. cit.*, GOEBEL e HIX 1996) dove al cessare delle cause di disturbo è stato osservato il graduale regresso delle querce, soprattutto negli strati inferiori, e il progressivo aumento di importanza di specie maggiormente tolleranti dell'ombra.

Le piante dello strato superiore, oltre a detenere buona parte dei processi funzionali e condizionare lo sviluppo del resto soprassuolo, rivestono un ruolo ecologico fondamentale nelle dinamiche evolutive del bosco. L'ecologia forestale mostra come in popolamenti in evoluzione naturale a copertura colma, la possibilità di reclutamento di nuove coorti sia irrimediabilmente legata ai crolli di piante di grosse dimensioni o anche a parti di esse, capaci di creare dei vuoti nel piano delle chiome tali da favorirne l'ingresso, secondo la dinamica nota in letteratura come *gap-phase development* (WATT 1947, PICKETT e WHITE 1985). Questi fenomeni nelle foreste vicine alla naturalità si configurano come il *trait d'union* fra la fase biostatica e quella di rinnovazione (EMBORG *op. cit.*) garantendo l'autoperpetuazione del sistema. Allo stato attuale, però, malgrado la presenza di individui in età avanzata e con fusti cavi, non sono stati ancora riscontrati schianti o ribaltamenti in misura tale da autorizzare formulazioni di ipotesi concrete sulle caratteristiche delle formazioni secondarie che andranno a costituirsi.

Conclusioni

La presenza di aree permanenti con più di mezzo secolo di osservazioni costituisce un prezioso punto di partenza per analizzare i processi dinamici che avvengono all'interno delle biocenosi forestali in evoluzione naturale poiché permette di esaminare variazioni anche di lieve entità occorse in brevi intervalli di tempo e di inserirle in una tendenza di fondo.

Il caso di studio ha messo in evidenza l'influenza degli interventi selvicolturali sulle caratteristiche strutturali e compositive dei popolamenti forestali in abbandono culturale. Dopo la fase di invasione delle latifoglie avviate in seguito alle ultime ripuliture, i processi dinamici principali interni ai popolamenti sono riconducibili a fenomeni di competizione fra individui che, per la crescente marginalità delle risorse ecologiche disponibili, si traducono in un decremento

numerico a carico soprattutto delle specie secondarie e delle classi diametriche più piccole. Se le ipotesi evolutive sono abbastanza scontate per l'area alta nella quale il faggio appare destinato a rivestire un ruolo di primo piano negli equilibri del bosco, gli scenari futuri dell'area bassa potranno essere ipotizzati con maggiore sicurezza nei prossimi inventari. In particolare dovranno essere verificati i rapporti di mescolanza fra il faggio e le altre latifoglie consociate e valutata la capacità del cerro di inserirsi e affermarsi nei vuoti della copertura determinati dai crolli delle piante stramature. Più in generale dovranno poi essere valutate le ripercussioni che fattori di disturbo sia di carattere locale - insorgenza di patogeni, incendi, ungulati selvatici, attività turistiche e ricreative - sia di carattere globale potranno avere nello sviluppo futuro della foresta.

Ringraziamenti

Gli autori rivolgono un sentito ringraziamento a tutti coloro che hanno contribuito in vario modo alla realizzazione dello studio. In particolare si ringraziano i sig.ri Giovanni Tagliente e Validoro Angelone della sezione operativa di Isernia, per il supporto logistico, la disponibilità e la competenza nell'esecuzione dei rilievi in bosco; la dott.ssa Claudia Becagli e il sig. Alessandro Fois, rispettivamente Assegnista di Ricerca e Borsista presso il CRA-SEL di Arezzo, per l'amicizia e la professionalità con cui hanno contribuito ai rilievi in bosco. Si ringraziano infine i due revisori che con i loro preziosi suggerimenti hanno permesso di migliorare la stesura finale.

Bibliografia

- AUTORI VARI 1985 - *Piano di gestione naturalistica della riserva MAB "Collemeluccio-Montedimezzo" - Decennio 1985/1994*. Ministero Agricoltura e Foreste, Gestione Ex A.S.F.D., Ufficio di Amministrazione, Isernia.
- ABBATE G. 1990 - *Le foreste della Riserva MaB "Collemeluccio - Montedimezzo" (Molise - Italia meridionale)*. Documents phytosociologiques 12: 289-304.
- ATTIWILL P.M. 1994 - *The disturbance of forest ecosystems: the ecological basis for conservative management*. Forest Ecology and Management 63 (2): 247-300.
- ANTONIOTTI G.B. 1950 - *Saggio di una tavola alsometrica delle fustaie di cerro del Molise*. Ricerche Sperimentali di Dendrometria e Auxometria, Firenze, 1: 44-47.
- BAKKER J.P., OLFF H., WILLEMS J. H., ZOBEL M. 1996 - *Why do we need permanent plots in the study of long-term vegetation dynamics?* Journal of Vegetation Science, 132 (2): 147-155.

- BENGTSSON J., NILSSON S.G., FRANC A., MENOZZI P. 2000 – *Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests*. Forest Ecology and Management 132 (1): 39-50.
- BERNETTI G. 1995 – *Selvicoltura speciale*. UTET, Torino, 416 p.
- BIANCHI L., PACI M., BARTOLINI D. 2006 – *Dinamiche evolutive di post-selvicoltura nella foresta di Vallombrosa*. Forest@ 3 (1): 63-71. [online] URL: <http://www.sisef.it/>.
- BIONDI E., BALDONI M. 1991 – *Bio-climatic characteristics of the Italian peninsula*. Atti del convegno: Effetti degli inquinanti atmosferici sul clima e la vegetazione, Taormina, 26-29 sett. 1991: 225- 250.
- CHAPMAN R.A., HEITZMAN E.; SHELTON M.G. 2006 – *Long-term changes in forest structure and species composition of an upland oak forest in Arkansas*. Forest Ecology and Management 236 (1): 85-92.
- CHERUBINI P., DOBBERTIN M. 1997 – *The Swiss long-term forest ecosystem research: method for reconstructing forest history*. Atti del I Congresso SISEF “La ricerca italiana per le foreste e la selvicoltura (ed M. Borghetti)”, Legnaro (Pd), 4-6 giugno 1997:19-22.
- DEL RIO M., MONTES F., CANELLAS I., MONTERO G. 2003 – *Diversidad estructural en masas forestales*. Invest. Agrar. Sist. y Recur. For. 12 (1): 159-176.
- EMBOG J., CHRISTENSEN M., HEILMANN-CLAUSEN J. 2000 – *The natural dynamics of Seseurp Skov, a near natural temperate deciduous forest in Denmark*. Forest Ecology and Management 126 (1-3): 173-189.
- FABIO G., AMORINI E. 2006 – *Avviamento ad alto fusto e dinamica naturale nei cedui a prevalenza di cerro. Risultati di una prova sperimentale a 35 dalla sua impostazione. Il protocollo di Caselli (Pisa)*. Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura 33: 79-104.
- FERRETTI M. 1997 – *Forest Health Assessment and Monitoring – Issues for Consideration*. Environmental Monitoring and Assessment 48 (1): 45-72.
- FERRETTI M., CHERUBINI P. 1998 – *Il monitoraggio di lungo periodo per conoscere e gestire gli ecosistemi forestali*. Sherwood 37: 23-28.
- FRANKLIN J.F., SPIES T.A., PELT R.V., CAREY A.B., THORNBURGH D.A., BERG D.R., LINDENMAYER D.B., HARMON M.E., KEETON W.S., SHAW D.C., BIBLE K., CHEN J. 2002 – *Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forests as an example*. Forest Ecology and Management 155 (1-3): 299-423.
- GAMBORG C., LARSEN J.B. 2003. – *“Back to nature” - a sustainable future for forestry*. Forest Ecology and Management 179 (1-3): 559-571.
- GIACOMINI V., FENAROLI L. 1958 – *La Flora*. T.C.I., Conosci l'Italia 2: 13-15.
- GOEBEL P.C., HIX D.M. 1996 – *Development of mixed-oak forests in southeastern Ohio: a comparison of second growth and old-growth forests*. Forest ecology and management 84 (1-3): 1-21.
- GUIDI G. 1971 – *Nota preliminare sulla distribuzione e sui caratteri ecologici delle abetine del Molise*. Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura 2: 279-296.
- GUIDI G., MANETTI M.C., PELLERI F. 1991 – *Ricerche sull'evoluzione naturale di soprassuoli forestali a Quercus Cerris L. e Fagus sylvatica L. nell'Appennino meridionale. Primo contributo – Osservazioni sui caratteri del soprassuolo e relative modificazioni in due aree protette*. Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura 22: 117-156.
- GUIDI G., MANETTI M.C. 1992 – *Ricerche sull'evoluzione naturale di soprassuoli forestali a Quercus cerris L. e Fagus sylvatica L. nell'Appennino meridionale. Secondo contributo - Osservazioni su alcuni fattori della produttività e del microclima in due aree protette*. Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura 23: 201-223.
- GUIDI G., MANETTI M.C. 2000 – *L'area Pavari nella faggeta della Foresta Umbra: caratteri strutturali e trend evolutivo*. Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura, vol. 28, Arezzo: 39-46.
- LARSEN J.B., NIELSEN A.B. 2007 – *Nature-based forest management—Where are we going?: Elaborating forest development types in and with practice*. Forest Ecology and Management 238 (1-3): 107-117.
- MARTIN C.W., BAILEY A.S. 1999 – *Twenty years of change in a northern hardwood forest*. Forest Ecology and Management 123 (2-3): 253-260.
- MEYER P. 2005 – *Network of Strict Forest Reserves as reference system for close to nature forestry in Lower Saxony, Germany*. In: Natural Forest in the Temperate Zone of Europe: biological, social and economic aspects. Commarmot B. (Eds). Forest Snow and Landscape Research 79 (1-2):33-44.
- MONTALDO G. 1950 – *Foresta di Montedimezzo. Piano di assestamento per il quindicennio 1949-1963*. Azienda di Stato per le Foreste Demaniali, dattiloscritto.
- MONTES F., SÁNCHEZ M., DEL RÍO M., CANELLAS I. 2005 – *Using historic management records to characterize the effects of management on the structural diversity of forests*. Forest Ecology and Management 207 (1-2): 279-293.
- NEUMANN M., STARLINGER F. 2001 – *The significance of different indices for stand structure and diversity in forest*. Forest Ecology and Management 145 (1-2): 91-106.
- OHEIMB G.V., WESTPHAL C., TEMPEL H., HÄRDLE W. 2005 – *Structural pattern of a near-natural beech forest (Fagus sylvatica) (Serahn, North-east Germany)*. Forest Ecology and Management 212 (1-3): 253-263.
- OLIVER C.D., LARSON B.C. 1996 – *Forest Stand Dynamics*. Uptaded ed., Wiley, New York 520 p.
- PACI M. 2004 – *Problemi attuali della selvicoltura naturalistica*. Forest@ 1 (2): 59-69. [online] URL:<http://www.sisef.it/>.
- PATRONE G. 1951 – *Piano di assestamento dei boschi del Comune di Carovilli*. L'Italia Forestale e Montana 6 (4): 157-172.
- PATRONE G. 1971 – *Ricerche sui turni finanziari e sui prezzi di macchiatici delle foreste coetanee di faggio e cerro del Molise*. L'Italia Forestale e Montana 26 (2): 41-62.

- PAURA B., ABBATE G. 1993 – *I querceti a caducifoglie del Molise: primo contributo sulla sintassonomia e corologia*. Annali di Botanica LI, supplemento Studi sul Territorio, 10: 325-340.
- PETERKEN G.F. 1996 – *Natural woodland. Ecology and Conservation in Northern Temperate Regions*. Cambridge University Press, Cambridge, 522 p.
- PETERKEN G.F. 1999 – *Applying natural forestry concepts in an intensively managed landscape*. Global Ecology and Biogeography 8 (5): 321-328.
- PIRONE G., ABBATE G., CIASCETTI G., CORBETTA F., FRATTAROLI A.R. 2000 – *Gli abieti-faggeti del comprensorio di confine tra Abruzzo e Molise (Italia centro-meridionale)*. Archivio Geobotanico 6 (1): 32-43.
- PICKETT S.T.A., WHITE P.S. (Eds.) 1985 – *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press, New York: 472 p.
- PRETZSCH H. 1999 – *Structural diversity as a result of silvicultural operations*. In: Management of mixed-species forest: silviculture and economics. Olsthoorn A.F.M., Bartelink H.H., Gardiner J.J., Pretzsch H., Hekhuis H.J., Franc A. (Eds.). IBN Scientific Contributions 15: 157-174.
- ROMAGNOLI M., SCHIRONE B. 1992 – *Indagini dendorecologiche preliminari sull'abete bianco del bosco Abeti Soprani (Pescopennataro – IS)*. Annali Accademia Italiana Scienze forestali 41: 3-29.
- SHANNON C.E. 1948 – *The mathematical theory of communication*. In: Shannon C.E., Weaver W. (Eds.), The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana: 29-125.
- SIMPSON E.H. 1949 – *Measurement of diversity*. Nature 163, 688 pp.
- WATT A.S. 1947 - *Pattern and Process in the Plant Community*. Journal of Ecology 35 (1-2):1-22.