

Università degli Studi di Roma “La Sapienza”

Dipartimento di Biologia Vegetale

DOTTORATO DI RICERCA IN SCIENZE ECOLOGICHE

XVIII CICLO

**Analisi strutturale e funzionale dei sistemi vegetazionali
presenti nel Parco Regionale dei Castelli Romani**



Dott.ssa Francesca Covone

INDICE

INTRODUZIONE	3
MATERIALI E METODI	10
<i>Area di ricerca</i>	10
<i>Analisi climatica</i>	14
<i>Analisi chimico-fisica del suolo</i>	16
<i>Analisi strutturale</i>	19
<i>Analisi fogliare</i>	21
<i>Analisi morfologica e anatomica fogliare</i>	21
<i>Analisi degli scambi gassosi</i>	22
<i>Analisi del potenziale idrico</i>	23
<i>Analisi microclimatica</i>	25
<i>Elaborazione statistica</i>	25
RISULTATI	27
Boschi cedui di <i>Castanea sativa</i> Miller	27
<i>Analisi chimico-fisica del suolo</i>	27
<i>Analisi strutturale</i>	28
<i>Analisi morfologica e anatomica fogliare</i>	31
<i>Analisi degli scambi gassosi</i>	32
<i>Analisi del potenziale idrico</i>	33
Boschi residuali presenti nel Parco Regionale dei Castelli Romani	35
<i>Analisi chimico-fisica del suolo</i>	35
<i>Analisi strutturale</i>	36
<i>Analisi morfologica e anatomica fogliare</i>	51
<i>Analisi degli scambi gassosi</i>	51
<i>Analisi del potenziale idrico</i>	52
DISCUSSIONE	55
BIBLIOGRAFIA	70

INTRODUZIONE

Le caratteristiche strutturali e funzionali della copertura vegetale sono la risposta diretta delle specie ai fattori ambientali, e possono influenzare, a loro volta, le caratteristiche dell'ambiente circostante.

L'analisi strutturale della copertura vegetale fornisce informazioni utili per la comprensione dei fenomeni dinamici connessi con la crescita e la riproduzione delle specie (Koike e Syahbuddin, 1993; Hitimana *et al.*, 2004; Ishii *et al.*, 2004). L'analisi strutturale considera la distribuzione orizzontale e verticale degli organi vegetali nello spazio e le caratteristiche morfologiche fogliari, che sono in grado di influenzare i processi di interazione fra le piante ed il loro ambiente (Monsi *et al.*, 1973; Brenner *et al.*, 1995; Gratani *et al.*, 1999; Gratani *et al.*, 2003). La distribuzione spaziale delle foglie determina, inoltre, le caratteristiche microclimatiche all'interno della copertura forestale (Miller *et al.*, 1981; Gratani 1997).

La struttura di una comunità forestale è soggetta a variazioni nel corso della sua evoluzione, a causa dei cambiamenti ambientali e delle interazioni che si determinano tra i singoli individui (Oliver e Larson, 1990; Amorini *et al.*, 2000a); la competizione per lo spazio e per la luce controlla, infatti, lo sviluppo in diametro ed in altezza, le dimensioni della corona fotosintetizzante e le caratteristiche morfologiche e funzionali delle foglie (Gratani e Foti, 1998; Valladares *et al.*, 2002). Inoltre, test di sensibilità effettuati sulla vegetazione indicano che la diversità strutturale e la composizione in specie dei sistemi possono essere modificate da trattamenti selvicolturali, che interferiscono con i processi di autoregolazione e possono avere, quindi, una considerevole influenza sulla stabilità degli ecosistemi forestali (Swanson e Franklin, 1992; Larsen, 1995; Rubio e Escudero, 2003). Numerosi studi hanno evidenziato gli effetti dei diversi sistemi di gestione sulla complessità strutturale (Zenner, 2000; Lindenmayer e McCarthy, 2002), sulla biodiversità (Beese e Bryant, 1999) e sullo stato funzionale degli ecosistemi (Perry e Amaranthus, 1997). La gestione a ceduo dei sistemi forestali determina, inoltre, un forte impatto sulle caratteristiche del suolo (Edeso *et al.*, 1999; Rubio e

Escudero, 2003). Per queste ragioni, negli ultimi anni è stata data una crescente enfasi allo sviluppo di una gestione forestale sostenibile basata non più su sistemi e tecniche di coltivazione mirati unicamente alla produzione della massa legnosa, ma sul mantenimento di soddisfacenti livelli di produttività a lungo termine (Franklin *et al.* 2002; Marín *et al.*, 2005).

Le formazioni forestali sottoposte a gestione selvicolturale rappresentano attualmente una frazione significativa della superficie boscata in molti Paesi. L'importanza di un'ideale gestione è stata sottolineata anche dal protocollo di Kyoto, adottato nel 1997 nell'ambito dei negoziati della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sul Cambiamento Climatico (UNFCCC). Il protocollo enfatizza il ruolo di *carbon sink* (assimilatore di CO₂) operato da una foresta opportunamente gestita, che può dare un contributo significativo alla mitigazione dell'effetto serra e del cambiamento climatico globale.

La necessità di avere informazioni dettagliate per vaste aree del territorio, rende indispensabile l'individuazione di idonei indicatori di funzionamento, che consentano di effettuare il monitoraggio dei sistemi vegetazionali, con una adeguata conoscenza degli effetti dei diversi metodi di gestione sulla struttura forestale (Montes *et al.*, 2005); tale monitoraggio è di fondamentale importanza, soprattutto in aree ad elevata valenza ecologica, quali i Parchi naturali.

Molteplici metodi possono essere utilizzati per valutare l'influenza dei trattamenti selvicolturali sulla capacità produttiva degli ecosistemi forestali (del Río *et al.*, 2003); fra questi il monitoraggio delle variazioni dei tratti strutturali e funzionali consente di evidenziare precocemente sintomi di stress (Takahashi *et al.*, 2003; Montes *et al.*, 2005).

Numerosi studi considerano la variazione delle caratteristiche strutturali nei diversi stadi di sviluppo di un ecosistema forestale, mediante l'analisi della cronosequenza (Brown e Parker, 1994; Ferris-Kaan *et al.*, 1998; Franklin *et al.*, 2002; Rubio e Escudero, 2003). Numerosi autori (Kaufmann e Troendle, 1981; Gratani, 1997; Cutini *et al.*, 1998; Gratani e Crescente, 2000; White *et al.*, 2000; Cutini, 2002; Gratani *et al.*, 2003) identificano l'indice di area fogliare (LAI, dato dal rapporto tra l'area fogliare totale della chioma e la superficie coperta al suolo)

come uno dei parametri più significativi per la caratterizzazione della struttura e della capacità funzionale degli ecosistemi. Il LAI presenta un ampio range di variazione nelle diverse formazioni vegetali e può assumere valori diversi nell'ambito della stessa formazione, in relazione alla disponibilità delle risorse (Shao *et al.*, 1995; Hoff e Rambal, 2003). Cambia inoltre in relazione agli stadi di sviluppo di un sistema vegetazionale ed il valore massimo corrisponde al massimo accumulo di biomassa (Shao *et al.*, 1995; Gratani e Crescente, 2000; Scurlock *et al.*, 2001).

Il LAI è anche funzione delle caratteristiche morfologiche fogliari; di conseguenza la valutazione delle variazioni dei parametri fogliari può essere utilizzata per mettere in evidenza, precocemente, uno stato di stress (William, 2000; Regiosa, 2001; Grubb, 2002; Knight e Ackerly, 2003).

Il LAI regola anche numerosi parametri fisiologici, come l'evaporazione, la fotosintesi, e la traspirazione (Cutini *et al.*, 1998), e sue variazioni determinano variazioni delle caratteristiche pedologiche, come la temperatura ed il contenuto d'acqua del suolo (Parton *et al.*, 1996).

Le tecniche di misura diretta del LAI implicano l'abbattimento degli individui rappresentativi della comunità che deve essere studiata, per l'analisi della superficie fogliare delle chiome. Un altro metodo diretto utilizzato per la stima del LAI è quello della raccolta della lettiera mediante trappole opportunamente disposte all'interno di un popolamento forestale. I tempi, generalmente lunghi, richiesti per la determinazione del LAI mediante misure dirette, non permettono il monitoraggio *in continuum* delle comunità vegetali e quindi rendono difficile seguirne le variazioni spazio-temporali (Chason *et al.*, 1991).

Per tali ragioni sono stati messi a punto diversi sistemi di misura indiretta del LAI, molti dei quali si basano sulla correlazione tra il peso o la superficie delle foglie di un albero e l'area di una sezione del sistema vascolare (Kaufmann e Troendle, 1981; Waring *et al.*, 1982). Alcuni modelli correlano il LAI all'area basimetrica (Gholz *et al.*, 1979) o all'area di incidenza delle chiome (Schirone e Ragno, 1988; Yamamura *et al.*, 1993). Le relazioni allometriche però, essendo influenzate dai fattori ambientali del sito, non possono risultare sempre valide per

consorzi forestali posti in altri territori (Deblonde *et al.*, 1994). Negli ultimi decenni sono state messe a punto tecniche indirette di misura che permettono la stima del LAI mediante la valutazione della luce trasmessa attraverso la chioma (Gower e Norman, 1991; Stenberg *et al.*, 1994; Lemenih *et al.*, 2004). Tali metodi di stima indiretta permettono di descrivere in maniera attendibile la variabilità del LAI in differenti condizioni ambientali (Chason *et al.*, 1991) e, quindi, di utilizzare tale parametro come indicatore delle risposte di una comunità forestale ai fattori di perturbazione.

Si inserisce in tale contesto lo scopo della presente tesi di dottorato, finalizzata alla valutazione dello stato strutturale e funzionale delle formazioni forestali presenti nel Parco Regionale dei Castelli Romani.

A tal fine è stata effettuata l'analisi dei sistemi presenti nel territorio, considerando tratti strutturali quali la densità, il diametro del tronco, l'altezza degli individui ed il LAI. Tali parametri permettono di realizzare degli inventari forestali che danno informazioni sullo stato funzionale del Parco e sull'impatto di più fattori di stress sulle risorse naturali (Barkman, 1988; Gratani e Crescente, 2000). In particolare, la densità verticale ed orizzontale influenza la distribuzione dell'indice di area fogliare e la crescita delle piante (Gratani e Foti, 1998), e cambiamenti della densità possono determinare una perdita di biodiversità (Andersson e Östlund, 2004). L'altezza aumenta in relazione all'incremento della complessità del sistema ed i valori più elevati corrispondono alle formazioni stratificate (Itaya *et al.*, 2004).

L'analisi della distribuzione dei diametri degli individui di una comunità forestale è essenziale per analizzare gli effetti della gestione selvicolturale (Rouvinen e Kuuluvainen, 2005); le differenze di età, competizione, e tasso di crescita, l'eterogeneità nella distribuzione delle risorse e i diversi tipi di disturbo antropico e ambientale determinano dei cambiamenti nella curva di distribuzione dei diametri (Oliver e Larson, 1990; Weiner, 1990), che può assumere, a seconda dei casi, una forma unimodale, multimodale, decrescente o irregolare (Maltamo *et al.*, 2000).

Lo studio a livello funzionale delle specie arboree più rappresentate presenti nel Parco, è stato effettuato utilizzando tratti fogliari morfologici, anatomici e

fisiologici, poiché le foglie sono l'organo della pianta più flessibile nelle risposte alle variazioni ambientali (Nevo *et al.*, 2000); la scelta è stata indirizzata su quei parametri che ne riflettono la capacità adattativa (Garnier *et al.*, 2001; Geber e Griffen, 2003), ed in particolare il peso fogliare specifico (LMA, calcolato dal rapporto fra il peso secco e la superficie fogliare), ed il suo reciproco, l'area fogliare specifica (SLA), il tasso di fotosintesi netta ed il potenziale idrico. In particolare l'efficienza nella fissazione del carbonio può essere considerata un valido indicatore delle limitazioni imposte dai fattori ambientali (Larcher, 2003), in particolare dalla temperatura, che controlla l'ampiezza della risposta fotosintetica (Harley, 1995; Gratani *et al.*, 2000). L'ammontare di carbonio fissato, infatti, dipende dalla disponibilità delle risorse e dall'impatto antropico. Ogni specie può modulare la fotosintesi entro limiti definiti dalle variazioni delle condizioni ambientali e la sensibilità della fotosintesi agli stress ambientali varia fra le diverse specie (Larcher, 2003). Inoltre la capacità fotosintetica è influenzata dalla morfologia fogliare (Crescente *et al.*, 2002; Lusk *et al.*, 2003); molti tratti anatomici e morfologici della foglia, infatti, possono essere spiegati come adattamenti che migliorano la diffusione della CO₂ nel mesofillo fogliare per la fotosintesi (Parkhurst *et al.*, 1988; Gratani e Bombelli, 2001; Sánchez-Blanco *et al.*, 2002; Larcher, 2003).

Va infine considerato lo studio delle relazioni idriche che fornisce un'utile indicazione della diversa capacità delle specie di mantenere il tasso di crescita, gli scambi gassosi e l'uso dell'acqua al variare delle condizioni ambientali; in particolare l'efficienza di utilizzo dell'acqua per la fotosintesi ed il potenziale idrico sono fondamentali per determinare il bilancio idrico e la diversa capacità di utilizzo delle risorse (Aasamaa e Söber, 2001). Inoltre tali parametri permettono di evidenziare la disponibilità delle riserve idriche del suolo, che dipendono dall'intensità e dalla frequenza delle precipitazioni, dalle caratteristiche chimico-fisiche del suolo e dalle caratteristiche topografiche del territorio; le riserve idriche sono, infatti, più facilmente ripristinate nei primi centimetri di profondità, rendendosi disponibili per l'assorbimento radicale, che controlla il tasso di crescita (Detling, 1979). Una migliore comprensione delle dinamiche competitive fra le

differenti specie per le riserve idriche è di grande importanza negli interventi di riforestazione (Ackzell, 1996; Kräuchi e Xu, 1996; Nardini *et al.*, 1999).

Le formazioni forestali del Parco sono costituite principalmente da castagneti, governati a ceduo matricinato e, in misura notevolmente inferiore, da boschi misti.

Attualmente i boschi a *C. sativa* in Europa si estendono su una superficie di circa 1800000 ha (Amorini *et al.*, 2000b) e sono ampiamente distribuiti nella zona occidentale del Bacino del Mediterraneo. *C. sativa* è una specie moderatamente eliofila e con un apparato radicale che può raggiungere diversi metri di profondità (Gallardo *et al.*, 2000). Presenta il suo optimum ecologico in ambienti umidi e riparati (sebbene si adatti alle basse temperature invernali) con una piovosità annuale uguale o superiore ai 1000 mm (Gallardo *et al.*, 2000). Comparata ad altre specie di climi temperati presenta tassi fotosintetici relativamente alti (Pontailier *et al.*, 1984; Deweirtd e Carlier, 1988; Ceulemans e Saugier, 1991), che contribuiscono ad un elevato tasso di crescita (Mousseau, 1993; Cutini, 2000, 2001); è inoltre caratterizzata da un'elevata capacità di moltiplicazione vegetativa mediante la produzione di numerosi polloni (Providoli *et al.*, 2002). Queste caratteristiche rendono *C. sativa* una specie idonea al suo utilizzo in cedui con turni brevi, variabili da 15 a 25 anni, in relazione al livello richiesto di produttività locale (Cutini, 2000; Santa Regina, 2000). Allo stato attuale molti cedui di *C. sativa* sono impropriamente gestiti e questo determina una progressiva riduzione della produttività, della valenza ecologica e del valore economico di questi ecosistemi (Amorini *et al.*, 2000b).

Sebbene molti autori descrivano gli effetti dei diversi sistemi di gestione sulle caratteristiche strutturali (Amorini *et al.*, 2000a; Gallardo *et al.*, 2000; Gondard *et al.*, 2001; Tindall *et al.*, 2004), pochi analizzano i cambiamenti strutturali e funzionali dei cedui di *C. sativa* nel corso dello sviluppo (Deweirtd e Carlier, 1988; Covone e Gratani, 2006).

La coltivazione di *C. sativa* nel territorio del Parco è avvenuta a scapito di altre specie arboree, principalmente *Carpinus betulus* L., *Quercus pubescens* Willd., *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl., *Quercus cerris* L., *Quercus robur* L., *Acer obtusatum* W. et K., *Tilia cordata* Miller e *Quercus ilex* L., largamente diffuse in

epoche passate, ed attualmente presenti in porzioni significative di boschi residuali. L'analisi strutturale e funzionale di questi aspetti rappresenta una priorità per la conservazione e valorizzazione di questi ultimi lembi residuali, e quindi della biodiversità complessiva del Parco. Inoltre la conoscenza dello stato funzionale consente di sviluppare modelli predittivi, in grado di ipotizzare il trend di risposta della vegetazione alla crescente pressione sull'ambiente e la soglia di tolleranza alle perturbazioni (Brown *et al.*, 2000).

MATERIALI E METODI

Area di ricerca

La ricerca è stata condotta nel territorio del Parco Regionale dei Castelli Romani, situato nel Lazio centro-meridionale (lat da 41° 41' a 41° 49' N, long da 12° 38' a 12° 50' E) (Fig. 1), nel periodo Febbraio 2003-Luglio 2005.

Il Parco, che si estende su una superficie di 12000 ha, è caratterizzato da una urbanizzazione diffusa e rappresenta un esempio emblematico di mosaico a diversi stadi di alterazione antropica. È stato istituito nel 1984, allo scopo di tutelare l'integrità delle caratteristiche naturali e culturali e di valorizzare le risorse, per contribuire al riequilibrio territoriale ed allo sviluppo socio-economico delle popolazioni interessate.

Il Parco comprende i comuni di Frascati, Monteporzio Catone, Montecompati, Rocca Priora, Rocca di Papa, Marino, Castelgandolfo, Albano Laziale, Ariccia, Nemi, Genzano e Grottaferrata.

Il territorio si inserisce nel complesso vulcanico dei Colli Albani (o Vulcano Laziale) e la sua fisiografia è articolata, con quote che vanno dai 300 m s.l.m. ai 956 m s.l.m. (Monte delle Faete) (Amadori e Tonelli, 1993). L'attuale paesaggio è il risultato della complessa storia del Vulcano Laziale, di cui l'insieme dei rilievi del recinto "Tuscolo-Artemisio" (o recinto esterno) costituisce l'orlo dell'antica caldera. Nell'ultimo periodo di attività vulcanica si è sviluppato, entro il recinto "Tuscolano Artemisio", un ulteriore cono, le cui pareti costituiscono l'attuale recinto interno (Apparato delle Faete e Monte Cavo) e delimitano l'area del cratere (Campi di Annibale) (Amadori e Tonelli, 1993). La valle delimitata dai due recinti prende il nome dalle zone che attraversa: Valle di Molaro, Piani di Caiano, Doganella, Pratoni del Vivaro. A ridosso delle due cinte calderiche si trovano i due bacini lacustri di Nemi e di Albano.

Il Parco dei Castelli Romani è caratterizzato da suoli di origine vulcanica. I principali tipi di suoli presenti sui Colli Albani sono gli andisuoli e i suoli bruni; i primi si ritrovano sempre sotto i boschi molto densi ed in corrispondenza di rocce vulcaniche facilmente alterabili (piroclasti, cineriti) (Guarrera, 1996). La loro

caratteristica è la presenza di uno spesso orizzonte A, nerastro e poroso, con alti contenuti di sostanza organica e notevole capacità di ritenzione idrica. Su substrati più compatti (lave, colate piroclastiche) e dovunque la vegetazione abbia scarsi valori di copertura, i suoli più diffusi sono invece i suoli bruni a profilo ABC, nei quali c'è un netto contrasto tra un orizzonte umifero A ed un B sensibilmente più ricco di argilla (Guarrera, 1996).

Il paesaggio dei Colli Albani è caratterizzato ampiamente dalla presenza di castagneti (*Castanea sativa* Miller). Studi palinologici effettuati nel territorio (Alessio *et al.*, 1986; Follieri *et al.*, 1988) hanno evidenziato come nel Quaternario recente *C. sativa* fosse presente nelle formazioni arboree di questa area insieme a numerose altre specie mesofile, ma in condizione subordinata. In seguito tale specie è stata favorita da interventi selettivi ed in parte è stata impiantata a partire dal secolo XVIII (Ferrantini, 1942), sia ai fini alimentari che a sostegno della viticoltura (per costruire vasi vinari e pali per i filari della vite).

Attualmente i castagneti, sia puri che misti, sono diffusi sia a quote basse, nei versanti delle caldere dei laghi di Albano e di Nemi (ca. 300 m s.l.m.), che sulle pendici del recinto “Tuscolo-Artemisio” e dell’Apparato delle Faete (ca. 900 m s.l.m.) e conferiscono al paesaggio un aspetto caratteristico (Fascetti *et al.*, 1996).

È da sottolineare la presenza costante, nei castagneti misti, di *Carpinus betulus* L., *Quercus pubescens* Willd., *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl., *Quercus cerris* L., *Quercus robur* L., *Acer obtusatum* W. et K e *Tilia cordata* Miller, sempre subordinata a quella di *C. sativa*.

I castagneti del territorio dei Colli Albani sono per lo più governati a ceduo matricinato, con turni di taglio in media di 18-24 anni, sebbene cedui di 30 anni siano relativamente frequenti (Piano di assestamento del bosco del Comune di Rocca di Papa, 2001-2010).

Nelle zone difficilmente accessibili o maggiormente conservate per motivi storico-culturali, è possibile trovare nuclei di boschi misti residuali, come nel Bosco Ferentano, nel Bosco del Cerquone, nel Bosco Miralago, nel Parco Colonna, nel bosco dei Cappuccini, nel Parco Chigi e nel Vallone Tempesta in cui *C. sativa* tende a perdere il suo ruolo di specie dominante (Fig. 2). Ciò mette in evidenza l’esistenza

di un rapporto diretto fra l'intensità dell'azione antropica e la dominanza di *C. sativa*, che risulta quindi l'indicatore ecologico più valido per valutare il grado di antropizzazione dei boschi di questo territorio.

Il bosco del Cerquone (superficie 70 ha; altitudine 570 m s.l.m.) è situato tra Monte Fiore e la Doganella, compreso tra il versante esterno del recinto delle Faete ed il versante interno del recinto Tuscolano-Artemisio; costituisce una rara testimonianza delle originarie cenosi forestali miste, preesistenti all'impianto o comunque all'espansione dei castagneti nel territorio dei Colli Albani (Avena *et al.*, 1987; Bassani, 1980). La struttura forestale è caratterizzata dalla presenza di esemplari maestosi (in alcuni casi fino a 3 m di circonferenza) di *Quercus robur* ai quali si accompagna *Carpinus betulus* (Amadori e Tonelli, 1993).

Il Bosco Ferentano (superficie 17 ha; altitudine 312 m s.l.m.) è separato dal Parco Colonna dalla S.S. 216 ed entrambi si trovano nel versante esterno occidentale del recinto Tuscolano-Artemisio; il bosco rappresenta le ultime vestigia della Selva Ferentana, area sacra dedicata alle divinità silvane e della terra e fece parte, all'epoca dei Colonna, del grande parco di caccia voluto da Marcantonio (Bassani, 1980).

Il Parco Colonna (superficie 25 ha; altitudine 350 m s.l.m.), sistemato a giardino dai Colonna verso la fine del '500, si estende lungo i fianchi ed il fondo di un lungo vallone attraversato dal torrente Bracco (Perimetrazione e piano d'assetto del Parco Regionale dei Castelli Romani, 1983); è costituito da esemplari di *Q. ilex* abbarbicati in alto sui costoni tufacei, dove c'è maggiore illuminazione e temperatura più elevata rispetto al fondo ed i fianchi del vallone; sul fondo e lungo i fianchi del vallone in un mesoclima più fresco ed umido, si sviluppa il bosco misto di latifoglie dominato da *C. betulus*, *O. carpinifolia* e *A. obtusatum* (Bassani e Cantiani, 1997). Tale distribuzione della vegetazione viene definita "fenomeno di inversione della dislocazione delle fasce di vegetazione" e si verifica ovunque vi siano depressioni più o meno profonde quali fossi, burroni, valloni, bacini dei laghi (Bassani e Cantiani, 1997).

Il Bosco Miralago (superficie 48.5 ha; altitudine 440-555 m s.l.m.) è situato fra il ciglio meridionale del Lago di Albano ed il Parco Chigi di Ariccia, lungo il

versante esterno del recinto Tuscolano-Artemisio (Perimetrazione e piano d'assetto del Parco Regionale dei Castelli Romani, 1983) e rappresenta un esempio di bosco misto mesofilo.

Il Bosco dei Cappuccini (superficie 5.5 ha; altitudine 430 m s.l.m.), annesso al Convento dei Cappuccini, è situato presso lo spalto meridionale del bacino del Lago di Albano (Perimetrazione e piano d'assetto del Parco Regionale dei Castelli Romani, 1983).

Il Parco Chigi (superficie 20 ha; altitudine 400 m s.l.m.) rappresenta l'ultimo lembo del "Nemus Aricinum" (Selva Aricina), bosco sacro ai latini, conservato fino ai nostri giorni in virtù della rigida tutela dei Chigi che lo destinarono a riserva di Caccia (Perimetrazione e piano d'assetto del Parco Regionale dei Castelli Romani, 1983); il Parco è situato nel versante sud-ovest del recinto esterno Tuscolano-Artemisio ed è attraversato da due valloni che confluiscono nel punto più depresso (370 m s.l.m.) del Parco (Varoli Piazza, 1999). La struttura forestale è costituita da lecceta e bosco misto che occupano una superficie quasi equivalente (Bassani e Cantiani, 1997).

Vallone Tempesta (superficie 46.5 ha; altitudine da 400 a 600 m s.l.m.) è una profonda incisione nell'orlo nord del bacino del lago di Nemi in cui è presente una cenosi boschiva residuale.

Analisi climatica

Nel territorio dei Colli Albani si distinguono, dal punto di vista climatico una zona al di sopra dei 600-700 m s.l.m. (Rocca di Papa e M.te Artemisio) riferibili alla regione mesaxerica (sottoregione ipomesaxerica) con termotipo collinare superiore (submontano) ed ombrotipo iperumido inferiore, ed una zona riferibile alla regione xeroterica (sottoregione mesomediterranea) con termotipo mesomediterraneo medio o termocollinare ed ombrotipo subumido superiore/umido inferiore (Blasi, 1994).

La presenza del Vulcano Laziale, non distante dalla fascia costiera, provoca il fenomeno STAU, per cui i vapori mediterranei o atlantici, si condensano nelle pendici elevate esposte ad Ovest o a Sud-Ovest, mentre sulle opposte pendici riscendono le masse d'aria oramai prosciugate (FÖHN) (Montelucci, 1964). Nella parte sud-ovest ed in quella elevata del territorio si hanno dunque precipitazioni più elevate che a Roma e dintorni. Nella parte nord-ovest il fenomeno STAU si esaurisce, perciò intorno a Frascati si hanno condizioni più xerothermiche.

La caratterizzazione climatica del Parco è stata effettuata utilizzando i dati forniti dalle Stazioni meteorologiche di Frascati e Velletri, relativi al periodo 2000-2004 (Fig. 3) (non esistono serie continui di dati, precedenti al 2000, per le Stazioni meteorologiche presenti nel territorio del Parco, a cui poter far riferimento).

Le precipitazioni totali annue sono comprese tra i 702 mm della Stazione di Frascati ed i 970 mm della Stazione di Velletri di cui in media il 65 % è concentrato nel periodo autunno-inverno (con un massimo a Novembre), il 24 % nel periodo primaverile ed il 12 % nel periodo estivo (il mese meno piovoso è Giugno, con valori compresi fra 11 mm e 31 mm a Frascati e Velletri rispettivamente). La temperatura media annua è di 15.8 °C, la temperatura media minima dei mesi più freddi (Gennaio e Febbraio) è compresa fra 3.9 e 4.1 °C e la temperatura media massima dei mesi più caldi (Luglio e Agosto) fra 28.8 e 30.3 °C, a Velletri e Frascati rispettivamente. L'escursione termica media annua è di 10.3 °C.

I diagrammi climatici relativi al 2004 (Fig. 4) evidenziano una elevata piovosità totale annua (1219 mm a Frascati e 1322 mm a Velletri), con il 42 % concentrata nel periodo Novembre-Dicembre. Si evidenzia inoltre una piovosità

estiva non limitante (105 mm a Velletri e 90 mm a Frascati), con assenza di precipitazioni dal 7 Agosto al 15 Settembre, e temperature medie dei mesi più caldi (Luglio e Agosto) di 24.2° C. La temperatura media annua è stata di 15.7° C a Frascati e 14.5° C a Velletri e la temperatura minima del mese più freddo (Gennaio) è stata di 3.8° C a Frascati e 0.1° C a Velletri.

Le campagne di misura hanno riguardato:

- La caratterizzazione chimico-fisica dei suoli
- Lo studio strutturale a livello della cenosi considerata
- L'analisi morfologica e anatomica fogliare
- L'analisi degli scambi gassosi
- L'analisi del potenziale idrico

Analisi chimico-fisica del suolo

La caratterizzazione chimico-fisica del suolo è stata effettuata nei boschi misti residuali considerati: Bosco Ferentano, Bosco del Cerquone, Bosco Miralago, Parco Colonna, Bosco dei Cappuccini, Parco Chigi, Vallone Tempesta, Boschi del versante esposto a nord del lago di Albano, leccete rupestri, Pinete a *Pinus pinea* L., Boscaglia a *Quercus pubescens* Willd.

Per ogni stazione sono state campionate 5 aree di saggio rappresentative.

È stata inoltre effettuata la caratterizzazione chimico-fisica in 5 aree di saggio rappresentative di cedui di *C. sativa* giovani (5 anni, CG) e maturi (23 anni, CM).

In ciascuna area di saggio sono stati prelevati tre campioni di suolo di 1 Kg ciascuno a 40 cm di profondità, mediante un sondaggio con trivella manuale. Tutti i campioni sono stati essiccati all'aria e setacciati con setaccio a maglie di 2 mm di diametro per la determinazione del pH e l'analisi granulometrica e con setaccio a maglie di 0.5 mm di diametro per le analisi del carbonio organico e dell'azoto. Le analisi sono state svolte secondo le metodologie ufficiali dell'Osservatorio Nazionale Pedologico del Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali (1994).

In particolare sono state effettuate:

- Misure di pH in acqua
- Analisi del carbonio organico (C_{org} , %) e della sostanza organica (S_{org} , %)
- Analisi dell'azoto (N, %)
- Analisi granulometrica (% di sabbia, limo e argilla).

Dalla percentuale di carbonio organico e di azoto è stato calcolato il rapporto tra carbonio e azoto (C/N)

La misura del pH è stata effettuata per via potenziometrica su una sospensione acquosa con rapporto acqua/ suolo pari a 2.5/1. Il pH in H₂O è stato determinato utilizzando un campione di suolo diluito in acqua distillata. Prima di effettuare la lettura al pHmetro (Corning pHmeter 220), la sospensione di suolo e acqua è stata mescolata per due ore e lasciata riposare per circa un'ora.

Il metodo utilizzato per la determinazione del carbonio organico e della sostanza organica si basa sull'ossidazione della sostanza organica del suolo con dicromato di potassio in presenza di acido solforico concentrato in accordo a Walkley (1946). L'analisi viene quindi effettuata trattando il campione di suolo con dicromato di potassio e acido solforico concentrato. Dopo mezz'ora la reazione è interrotta per diluizione con acqua distillata e il dicromato in eccesso, che non ha reagito, viene titolato con una soluzione di solfato ferroso ammonico (sale di Mohr). Dalla differenza tra il sale di Mohr consumato nella titolazione di una prova in bianco e quello usato per il campione, è possibile valutare la quantità di dicromato utilizzata nell'ossidazione del carbonio organico e risalire, quindi, alla percentuale di carbonio organico del campione. La percentuale di sostanza organica è stata ottenuta moltiplicando la percentuale di carbonio organico per il fattore 1.726 (Fattore di correzione di Van Bemmelen).

La determinazione dell'azoto totale è stata eseguita con il metodo proposto da Kjeldahl che consiste nella digestione a caldo in acido solforico concentrato dell'azoto presente nel campione di suolo, previa aggiunta di un catalizzatore. In seguito a questo processo, l'azoto viene convertito in ione ammonio, che, tramite distillazione, è trasformato in forma ammoniacale e raccolto in una soluzione di acido borico. Mediante la titolazione del distillato con acido solforico, è stato possibile risalire alla quantità di azoto presente nel campione. La percentuale di azoto totale è stata ottenuta moltiplicando i millilitri di acido necessari nella titolazione, per il fattore 0.14.

L'analisi granulometrica consente di determinare la tessitura del suolo, che rappresenta la distribuzione in classi di grandezza delle particelle elementari del

suolo. La determinazione delle varie frazioni granulometriche (sabbia, limo e argilla) è stata effettuata con il metodo densimetrico, basato sulla diversa velocità di sedimentazione delle particelle di suolo, in relazione al loro diametro. L'analisi si svolge in due fasi, la prima consiste nella dispersione del campione con la completa distruzione degli aggregati, la seconda si basa sulla determinazione ponderale delle diverse frazioni. Per consentire la completa separazione delle singole particelle di suolo, è stato necessario distruggere la sostanza organica presente nei campioni mediante acqua ossigenata. La completa dispersione del campione è avvenuta con l'aggiunta di una sostanza disperdente, l'esametafosfato di sodio. Dopo due ore di agitazione con un agitatore meccanico, la sospensione è stata travasata in un cilindro di sedimentazione, omogeneizzata, mediante doppi rovesciamenti, per un minuto e riposta in una vasca termostata. Trascorso un intervallo di tempo tra le 20 e le 24 ore è stata effettuata la misura di densità con l'idrometro; la densità letta è proporzionale alla quantità di argilla presente nel campione, poiché le particelle con diametro minore di 0.002 mm sono le uniche ancora in sospensione.

La frazione sabbiosa è stata determinata per pesata diretta e separata in sabbia grossa, media e fine rispettivamente, con un setaccio a maglie di 0.500, 0.250 e 0.053 mm. La frazione limosa è stata calcolata per differenza fra il peso totale del campione analizzato e la somma della frazione argillosa e sabbiosa.

L'umidità del suolo (US, data dal rapporto fra il peso d'acqua ed il peso fresco di suolo; %) è stata determinata nei giorni 13/07/2004 e 30/08/2004 per i cedui *di C. sativa* CG e CM e nei giorni 25/06/04 e 30/08/2004 nei boschi residuali considerati. In ogni occasione di campionamento sono stati prelevati 3 campioni di suolo di 500 g ciascuno, essiccati in stufa a 105 °C fino al raggiungimento del peso costante (Gratani *et al.*, 1999).

Analisi strutturale

Nel Parco sono presenti (Fig. 5):

- Cedui di *C. sativa* (6650 ha)
- Boschi misti di latifoglie, dominati localmente da *Q. robur* e/o da *C. betulus* (309 ha)
 - Boschi e boscaglie a dominanza di *Q. ilex*, localmente con aspetti rupestri (81.5 ha)
 - Boscaglie a *Q. pubescens* (60 ha)
 - Pinete a *Pinus pinea* L. (30 ha)
 - Arbusteti a *Corylus avellana* L. (40 ha).

Per ogni aspetto è stata condotta l'analisi strutturale su un numero statisticamente rappresentativo di aree di saggio di 400 m² ciascuna, in accordo a Newbould (1967), Aber (1979) e Gratani e Crescente (2000).

Le misure sono state effettuate in 21 aree per i boschi misti di latifoglie, 14 aree per i boschi a dominanza di *Q. ilex*, 3 aree per le boscaglie a *Q. pubescens*, 3 aree per le pinete a *P. pinea* e 3 aree per gli arbusteti a *C. avellana* (la variazione del numero di aree è in relazione alla diversa estensione delle cenosi presenti nel territorio).

Per quanto riguarda i cedui di *C. sativa* le misure sono state eseguite in 90 aree di saggio di 1, 5, 7, 10, 12, 17, 23, 26, 30 anni (10 per ogni età). Tutte le aree di saggio campionate sono costituite da popolamenti coetanei sottoposti alla stessa gestione selvicolturale.

Per ogni aspetto considerato sono state analizzate le seguenti caratteristiche strutturali:

- Tipo di stratificazione
- Altezza degli strati (H; m); per i cedui di *C. sativa* è stato misurato il pollone più alto di ogni ceppaia, in accordo a Gallardo *et al.* (2000) e Rubio e Escudero (2003)

- Densità degli individui (D ; ind/ha); per i cedui di *C. sativa* sono state analizzate la densità dei polloni (D_p ; ind/ha), la densità delle ceppaie (D_c ; cepp/ha) e la densità delle matricine (D_m ; ind/ha)
 - Diametro del tronco a 1.30 m (D_i ; cm)
 - Indice di area fogliare (LAI; $m^2 m^{-2}$), dato dal rapporto tra l'area fogliare totale della chioma e la superficie coperta al suolo (Brenner *et al.* 1995, Welles e Cohen, 1996).

La misura del LAI è stata effettuata mediante il LAI 2000 Plant Canopy Analyzer (LI-COR Inc.) (Fig. 6). Lo strumento è in grado di valutare lo stretto rapporto che esiste fra la copertura vegetale e la radiazione intercettata. Il detector è costituito da 5 sensori concentrici coperti da lenti che misurano simultaneamente la radiazione trasmessa in cinque distinte bande angolari. Ogni sensore misura soltanto la luce di lunghezza d'onda superiore ai 490 nm per minimizzare il contributo della luce riflessa all'interna della copertura.

Le misure sono state eseguite in condizioni di cielo uniforme, a livello del suolo e al di sotto della copertura vegetale, nel periodo del valore massimo di LAI (Scurlock *et al.*, 2001), corrispondente alla massima superficie fogliare, in Luglio 2003 e Luglio 2004, in accordo a Gratani e Foti (1998).

È stata calcolata l'area basimetrica (AB , m^2/ha).

Analisi fogliare

L'analisi delle caratteristiche morfologiche, anatomiche e fisiologiche delle foglie delle diverse specie rappresentative delle cenosi presenti nel Parco è stata condotta nei seguenti siti: Bosco del Cerquone, Bosco Miralago, Bosco Ferentano, Parco Colonna e Colle Iano. I siti di campionamento sono stati prescelti in base alla presenza delle specie considerate e alla loro esposizione a condizioni ambientali simili.

Per i cedui di *C. sativa* sono state campionate le aree CG e CM, per evidenziare differenze dovute alle differenti età.

Analisi morfologica e anatomica fogliare

L'analisi delle caratteristiche morfo-anatomiche delle foglie di *Q. robur*, *Q. cerris*, *Q. pubescens*, *Q. ilex*, *C. betulus*, *A. obtusatum*, *T. cordata* e *C. sativa* non sottoposto a ceduzione è stata condotta a fine Giugno del 2004 e nei cedui CG e CM nei giorni 13/07/2004 e 25/10/2004.

Sono stati utilizzati campioni rappresentativi di foglie a massima espansione ($n = 20$ per ogni specie esaminata) in accordo a Gratani e Foti (1998). Le foglie sono state racchiuse immediatamente dopo la raccolta in sacchetti di plastica e trasportate rapidamente in laboratorio in una borsa termica allo scopo di evitare perdite di acqua dovute alla traspirazione.

Per tutti i campioni sono stati determinati i seguenti parametri:

- Proiezione della superficie fogliare (SF, cm^2)
- Peso secco fogliare (PS, mg)

Da tali parametri sono state calcolate:

- Massa fogliare specifica (LMA, mg cm^{-2}), data dal rapporto tra il peso secco fogliare e la proiezione della superficie fogliare (Wright e Westoby, 2002)
- Superficie fogliare specifica (SLA, $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$), data dal rapporto fra la superficie ed il peso secco fogliare (Gunn e Farrar, 1999)
- Densità tessutale (LTD, mg cm^{-3}), data dal rapporto tra il peso secco ed il volume fogliare (Wilson *et al.*, 1999). Il volume fogliare è stato calcolato come

prodotto tra la proiezione della superficie e lo spessore della lamina fogliare (Groom e Lamont, 1999; Salleo e Nardini, 2000).

La proiezione dell'area fogliare è stata misurata mediante il sistema di analisi di immagine Delta-T Device (UK).

Il peso secco è stato ottenuto essiccando le foglie in stufa ad 80 °C fino al raggiungimento del peso costante.

Per le misure dello spessore fogliare (S_p , μm) sono state effettuate sezioni a fresco della lamina fogliare, che sono state osservate al microscopio ottico Nikon Eclips E 400 e analizzate mediante un sistema che permette l'acquisizione, l'archiviazione e l'elaborazione di immagini, con funzioni di misura per controlli dimensionali (ARKON, A&P, I). Tutte le misure sono state ristrette alle zone della lamina prive di venature (Chabot e Chabot, 1977).

Analisi degli scambi gassosi

Le misure degli scambi gassosi sono state effettuate nei giorni 4-11-18-23-25 Giugno 2004 (periodo ottimale) e nei giorni 29- 30-31 Agosto 2004 (periodo d'aridità), in giornate di cielo sereno e nelle prime ore della mattina (fra le ore 7:00 e le 10:00) in accordo a Reich *et al.*, (1995) e Gratani *et al.* (2000), su 5 foglie a massima espansione di *Q. robur*, *Q. cerris*, *Q. pubescens*, *Q. ilex*, *C. betulus*, *A. obtusatum*, *T. cordata* e *C. sativa* non sottoposto a ceduzione (per ciascuna specie e per ogni occasione di campionamento).

Nei cedui di *C. sativa* le misure degli scambi gassosi sono state condotte nei cedui CG e CM su 20 foglie a massima espansione (5 per 4 piante) nei seguenti giorni: 20/6/2004, 13/7/2004, 30/7/2004, 30/8/2004, 28/9/2004, 25/10/2004.

Gli scambi gassosi sono stati misurati utilizzando un analizzatore portatile di CO₂ a sistema aperto, (Ciras-1 Open System, PP Systems, UK) collegato ad una camera fogliare di 2.5 cm² (Parkinson Leaf Cuvette, UK) (Fig. 7a).

Lo strumento consiste di una unità centrale costituita da un analizzatore a raggi infrarossi (IRGA), composto da tre parti: una sorgente di radiazione, una cella per il gas ed un detector (Fig. 7b). L'analizzatore è collegato ad una camera in cui si racchiude la foglia. Il sistema aperto prevede il prelievo, tramite una pompa, di aria

dall'esterno, che viene messa a contatto con la foglia posta all'interno della camera. Dopo essere stata a contatto con la foglia, l'aria è convogliata verso l'analizzatore che determina il tasso netto fotosintetico, calcolato dalla differenza tra la concentrazione di CO₂ dell'aria e quella proveniente dalla camera fogliare.

Lo strumento permette di misurare in tempo reale:

- Fotosintesi netta (P_n, μmol CO₂ m⁻² s⁻¹)
- Conduttanza stomatica (g_{ss}, mmol H₂O m⁻² s⁻¹)
- Tasso di traspirazione (E, mmol H₂O m⁻² s⁻¹)
- Concentrazione interna di CO₂ (C_i, μmol CO₂ mol⁻¹ aria)
- Radiazione fotosinteticamente attiva (PAR, μmol fotoni m⁻² s⁻¹)
- Temperatura fogliare (T_f, °C)
- temperatura dell'aria (T_{aria}, °C).

Dal rapporto fra i tassi di fotosintesi netta ed i tassi di traspirazione è stata calcolata l'efficienza di utilizzo dell'acqua per la fotosintesi (WUE, μmol CO₂ mmol⁻¹ H₂O), ovvero la quantità di CO₂ assimilata in rapporto alla quantità di acqua traspirata (Larcher, 2003).

Analisi del potenziale idrico

Le misure del potenziale idrico fogliare (Ψ, MPa) sono state effettuate mediante una camera a pressione portatile (SKPM 1400, Skye Instruments, UK) (Fig. 8) (Scholander *et al.*, 1964; 1965; Patterson *et al.*, 2000).

Lo strumento è costituito da una camera di acciaio, atta a resistere alle elevate pressioni (fino a 7-8 MPa) e collegabile ad una bombola contenente una miscela gassosa di aria compressa (5%) e azoto puro (95%). Aprendo la valvola la miscela gassosa penetra nella camera con una pressione che viene misurata da un manometro. Una foglia viene inserita all'interno della camera stessa, con l'estremità del picciolo sporgente all'esterno attraverso un foro che viene sigillato comprimendo la guarnizione (Duhme e Hinckley, 1992; Damesin e Rambal, 1995; Salleo, 1995).

L'estremità del picciolo viene previamente tagliata con una lama di rasoio, in modo da avere una superficie netta da poter osservare.

Sul fondo della camera viene riposta carta da filtro umida, per limitare eventuali perdite d'acqua dalla foglia durante l'esperimento (Cheung *et al.*, 1975; Lo Gullo e Salleo, 1988; Cochard *et al.*, 2001). La camera viene riempita con pressioni crescenti della miscela gassosa e l'estremità viene attentamente osservata per segnare la pressione alla quale la superficie del taglio comincia ad umidificarsi. Questa pressione è uguale, ma di segno opposto, alla pressione idrostatica nei vasi xilematici al momento del taglio ed è detta pressione di bilanciamento. Il valore della pressione di bilanciamento può essere ragionevolmente approssimato al potenziale idrico (Ψ) della pianta intera (Taiz e Zeiger, 1996), espresso in unità di misura di pressione (MPa).

Il potenziale idrico deriva da quattro componenti: potenziale osmotico (π), di turgore (P_t), di matrice (τ) e gravitazionale. Per le piante di altezza ridotta la componente gravitazionale è trascurabile (Scholander *et al.*, 1965). Anche τ può essere trascurata, perché l'acqua legata ai polimeri è minima ed è trattenuta con una tale forza da non poter essere estratta con le pressioni della camera a pressione (Tyree e Hammel, 1972; Salleo, 1995). I valori di π delle piante che vivono in suoli dal contenuto salino modesto, inoltre, sono minimi (Scholander *et al.*, 1965; Taiz e Zeiger, 1996) ed il valore misurato dalla camera a pressione può, quindi, essere approssimato al potenziale idrico della pianta.

Il potenziale idrico è stato misurato su 10 foglie di sole di *Q. robur*, *Q. cerris*, *Q. pubescens*, *Q. ilex*, *C. betulus*, *A. obtusatum*, *T. cordata* e *C. sativa* non sottoposto a ceduzione (per ciascuna specie e per ogni occasione di campionamento) il 25/06/04 ed il 30/08/2004. Nei cedui di *C. sativa* le misure del potenziale idrico sono state condotte nei cedui CG e CM su 10 foglie di sole nei seguenti giorni: 13/07/2004, 30/08/2004 e 28/09/2004.

Le misure sono state eseguite all'alba ed al tramonto (Flexas *et al.*, 1999), parallelamente alle misure degli scambi gassosi. Il Ψ misurato prima dell'alba (predawn, Ψ_{pd}) viene usato come stima indiretta del contenuto d'acqua disponibile per la pianta (Salleo *et al.*, 2002). Il potenziale misurato alle ore 12.00 (midday, Ψ_m) viene invece assunto come potenziale idrico fogliare minimo giornaliero (Damesin e Rambal, 1995).

Contemporaneamente alle misure di Ψ è stato calcolato il contenuto idrico relativo fogliare (RWC, %). A tale scopo sono state raccolte 10 foglie per specie, riposte immediatamente in sacchetti di plastica (in modo da prevenire eventuali perdite di acqua) e trasportate in laboratorio in una borsa termica. Il RWC è stato calcolato dal rapporto tra l'acqua contenuta nella foglia al momento della raccolta e quella a pieno turgore (Salleo, 1995):

$$\text{RWC} = \frac{(\text{peso fresco fogliare} - \text{peso secco fogliare})}{(\text{peso a saturazione fogliare} - \text{peso secco fogliare})}$$

Analisi microclimatica

Parallelamente allo studio degli scambi gassosi e del potenziale idrico sono state effettuate misure microclimatiche di temperatura dell'aria (T, °C) e umidità atmosferica relativa (H, %), utilizzando un termoigrometro portatile (HD 8901, Delta-Ohm, IT).

Elaborazione statistica

L'elaborazione statistica dei dati è stata effettuata usando un programma di analisi statistica (Statistica, Statsoft, USA).

Al fine di comparare le caratteristiche strutturali dei castagneti di diversa età, i parametri chimico-fisici del suolo, le caratteristiche morfo-anatomiche e funzionali delle otto specie considerate, nelle varie aree di saggio, è stata effettuata l'analisi della varianza (ANOVA) ed il test di Tukey.

Le relazioni tra le variabili strutturali analizzate nei cedui di *C. sativa* di differenti classi di età sono state valutate mediante l'analisi di regressione, calcolando i relativi coefficienti di correlazioni (R).

L'analisi dei discriminanti è stata effettuata per determinare quali, tra le variabili strutturali considerate, fossero le più discriminanti tra i cedui di *C. sativa* di differente età (Nevo *et al.*, 2000; Menalled e Kelty, 2001). Il contributo di ogni variabile alla discriminazione globale tra le specie è stato valutato mediante il

lambda di Wilks parziale (minore è il lambda di Wilks parziale, maggiore è il potere discriminante).

RISULTATI

Boschi cedui di *Castanea sativa* Miller

Analisi chimico-fisica del suolo

I risultati relativi alle analisi fisiche del suolo, effettuate nei cedui di *C. sativa* di 5 anni (CG) e di 23 anni (CM), sono riportate in figura 9.

Non si evidenziano differenze significative per quanto riguarda le caratteristiche fisiche tra i cedui CG e CM; in media il contenuto in sabbia, limo e argilla è del 35.7 ± 12.9 %, 54.6 ± 9.0 % e 9.7 ± 5.8 %, rispettivamente.

L'analisi chimica mette in evidenza differenze significative tra i cedui CG e CM (Tab. 1): la sostanza organica e la percentuale di azoto sono significativamente ($P < 0.05$) più bassi, rispettivamente del 67.8 % e 67.7 %, in CG rispetto a CM. Per quanto riguarda il rapporto C/N ed il pH, rispettivamente di 10.7 ± 1.3 e 6.2 ± 0.5 , non sono state osservate differenze significative.

L'analisi del contenuto in acqua del suolo mette in evidenza una US, misurata in estate, in media di 16.2 ± 1.1 % non significativamente differente fra i cedui CG e CM.

	CG	CM
pH	6.3 ± 0.7^a	6.1 ± 0.3^a
S _{org} (%)	3.0 ± 0.9^a	9.3 ± 4.0^b
N (%)	0.15 ± 0.05^a	0.45 ± 0.16^b
C/N	10.3 ± 0.9^a	11.1 ± 1.7^a
US (%)	15.4 ± 1.3^a	16.9 ± 1.5^a

Tab. 1. Valori di pH, % di sostanza organica (S_{org}), % di azoto (N), rapporto fra carbonio e azoto (C/N) e % di umidità del suolo (US) misurata il 30/08/2004 nei suoli dei cedui di *C. sativa* di 5 anni (CG) e 23 anni (CM) di età. È mostrata la deviazione standard; le medie con le stesse lettere non sono significativamente differenti (ANOVA, $P < 0.05$).

Analisi strutturale

I boschi cedui di castagno ricoprono il 95 % della superficie boscata totale (7000 ha). I castagneti sono diffusi dalle quote più basse, corrispondenti ai versanti delle caldere dei laghi di Albano e di Nemi (300 m s. l. m.), al Monte Artemisio (900 m s. l. m.).

Questi boschi (Fig. 10) vengono governati a ceduo matricinato, con un turno medio di 18-24 anni, sebbene cedui di 30 anni siano relativamente frequenti (Piano di Assestamento del bosco del comune di Rocca di Papa per il decennio 2001-2010).

Differenze significative sono state misurate nei tratti strutturali dei cedui di *C. sativa* di diversa età (1, 5, 7, 10, 12, 17, 23, 26, 30).

La densità delle ceppaie e delle matricine è in media rispettivamente 536 ± 7 cepp ha^{-1} e 67.8 ± 23.6 ind ha^{-1} e non vi sono differenze significative fra le differenti età. In media da ogni ceppaia si sviluppano 30 ± 11 polloni per ceppaia (Fig. 11).

Dp varia da 15750 ± 763 a 1125 ± 354 ind ha^{-1} . In particolare a 5 anni si osserva una riduzione del 24 % rispetto ai cedui di 1 anno, associata ad un diametro di 4.3 ± 2.4 cm ed ad una altezza di 8.5 ± 1.4 m. Dp raggiunge il valore più basso (7 % del valore iniziale) nei cedui di 30 anni mentre il diametro e l'altezza i valori più elevati (rispettivamente 19.6 ± 9.1 cm e 20.5 ± 1.1 m) (Fig. 12).

AB ha il valore più basso (4.9 ± 1.9 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) nei cedui di 1 anno e aumenta significativamente ($P < 0.001$) fino a 7 anni (30.1 ± 4.3 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$); si stabilizza fra 7 e 23, raggiungendo il valore più elevato (40.7 ± 0.4 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) nei castagneti più maturi (26 e 30 anni) (Fig. 12).

Il LAI mostra il valore minimo (0.2 ± 0.1) nei cedui di 1 anno ed il valore massimo (5.0 ± 0.2) nei cedui di 12, riducendosi in media del 26 % nei cedui di età maggiore (26-30 anni) (Fig. 12).

Considerando la distribuzione in classi di diametro, si evidenzia una variazione fra le diverse età dei castagneti (Fig. 13). Nei cedui di 1 anno i polloni sono distribuiti in un'unica classe, con diametro ≤ 3 cm. Nei cedui di 5 anni i diametri si distribuiscono secondo un andamento discendente con il maggior numero degli individui concentrati nella classe ≤ 3 cm ed il minor numero nella classe 9-12 cm.

Nei cedui di età maggiore la curva di distribuzione dei diametri assume un andamento a campana, il cui valore massimo cresce all'aumentare dell'età dei cedui.

L'analisi di regressione eseguita fra le variabili strutturali considerate ha evidenziato correlazioni significative (Fig. 14); in particolare l'equazione che approssima meglio la correlazione fra LAI e H, Di, Dp, AB è una curva polinomiale di secondo grado e LAI e H sono le variabili più correlate ($R = 0.95$); le equazioni evidenziano come il LAI aumenti all'aumentare di Di, AB, ed H ed al diminuire di Dp fino ad un valore massimo; con l'ulteriore aumento di Di, AB ed H sopra rispettivamente a 12.2 cm, 31.5 m² ha⁻¹, 14.0 m e la riduzione di Dp oltre 6250 ind ha⁻¹, il LAI diminuisce fino a 3.5 ± 0.2 . Si evidenzia inoltre come al decrescere di Dp, e quindi all'aumentare dell'età dei castagneti, si ha un incremento lineare di H e AB.

Per evidenziare il parametro che più discrimina le diverse classi di età dei cedui di *C. sativa* è stata condotta l'analisi dei discriminanti, utilizzando tutti i parametri strutturali considerati (Dp, Dm, Dc, Di, H, AB, LAI); Dp e LAI sono risultate le variabili maggiormente discriminanti (Tab. 2). La proiezione dei primi due assi permette di distinguere i cedui di *C. sativa* di diversa età (Fig. 15). Le variabili maggiormente correlate al primo asse sono: Dp (positivamente) e LAI, H, AB (negativamente); le variabili maggiormente correlate al secondo asse sono LAI e Dp (positivamente). Il risultato dell'analisi permette quindi di distinguere: un gruppo comprendente i cedui di *C. sativa* dai 23 ai 30 anni con bassi valori di Dp ed alti valori di H e AB ed un gruppo comprendete i cedui dai 10 ai 17 anni caratterizzato da alti valori di LAI.

Cedui di C. sativa con elementi di bosco misto

In alcuni castagneti sottoposti ad un regime di ceduazione meno intenso sono presenti elementi di bosco misto mesofilo. Il fenomeno dell'abbandono riguarda un numero sempre maggiore di castagneti, principalmente nelle zone con minore facilità di accesso, come Colle Iano, Monte Cavo, Monte delle Faete ed i versanti dei due bacini lacustri, zone caratterizzate da altitudini mediamente elevate (intorno ai 700 m s.l.m.) o da pendenze notevoli.

	λ di Wilks	λ di Wilks parziale	Statistic a F	p-level
N = 90				
Dp	0.01686	0.18219	590.4	< 0.001
LAI	0.00053	0.09342	422.9	< 0.001
AB	0.00008	0.25628	242.6	< 0.001
H	0.00003	0.56811	137.1	< 0.001
Di	0.00003	0.74988	86.4	< 0.001
Dc	0.00002	0.89422	60.7	< 0.001

Tab. 2. Risultati dell'analisi dei discriminanti per le variabili strutturali: densità dei polloni (Dp), densità delle ceppaie (Dc), diametro del tronco a 1.30 m (Di), altezza del pollone più alto di ogni ceppaia (H), area basimetrica (AB), indice di area fogliare (LAI) nei boschi cedui di *C. sativa* di diversa età (1, 5, 7, 10, 12, 17, 23, 26, 30). N = numero di osservazioni. Sono riportate le variabili maggiormente discriminanti tra i cedui di *C. sativa* di diversa età.

In tali aspetti, da un punto di vista strutturale, si distingue nettamente uno strato dominante, costituito da *C. sativa*, *Q. cerris*, *Q. pubescens*, *Q. robur*, *C. betulus*, *O. carpinifolia* e *A. obtusatum* ed uno strato dominato costituito dalle specie dello strato dominante accompagnate da *C. avellana*, *F. ornus* e *T. cordata*.

I parametri strutturali per i cedui di *C. sativa* con elementi di bosco misto sono riportati in tabella 3 ed in figura 16. Lo strato dominante ha una densità di 296 ± 25 ind ha^{-1} , un'area basimetrica di 13.0 ± 1.7 $m^2 ha^{-1}$, un diametro di 22.4 ± 1.1 cm ed un'altezza di 17.3 ± 1.2 m. Lo strato dominato presenta una densità di 2254 ± 36 ind ha^{-1} , un'area basimetrica di 18.2 ± 0.9 $m^2 ha^{-1}$, un diametro di 10.4 ± 3.1 cm ed un'altezza di 7.2 ± 0.8 m. L'area basimetrica totale dello strato arboreo è di 31.1 ± 1.9 $m^2 ha^{-1}$, a cui contribuisce per il 73.8 % *C. sativa*, per il 12.9 % *Q. cerris*, *Q. pubescens* e *Q. robur*, per il 5.4 % *C. betulus*, per il 3.3 % *A. obtusatum*, per il 2.7 % *O. carpinifolia*, per lo 0.7 % *C. avellana*, per lo 0.6 % *F. ornus*, per lo 0.5 % *T. cordata* e per lo 0.3 % *Q. ilex* (Fig. 17). Nello strato arbustivo, di altezza media di 1.5 m, sono presenti: *Ruscus aculeatus* L., *Rubus* sp., *C. sativa*, *C. avellana*, *Crataegus monogyna* Jacq., *A. obtusatum*, *Daphne laureola* L., *T. cordata* e *Q. ilex*.

La distribuzione in classi di diametro evidenzia le classi più rappresentate per lo strato dominante e dominato (rispettivamente 18-21 cm e 3-6 cm) (Fig. 18). Il LAI di queste formazioni forestali è di 4.2 ± 1.0 (Tab. 3).

		D (ind/ha)	AB (m ² /ha)	LAI (m ² m ⁻²)
Strato dominato	<i>C. sativa</i>	1086±43	12.4±0.8	
	<i>Q. cerris, Q. robur, Q. pubescens</i>	168±18	2.3±0.3	
	<i>A. obtusatum</i>	246±31	0.6±0.02	
	<i>F. ornus</i>	114±13	0.2±0.01	
	<i>T. cordata</i>	121±17	0.1±0.01	
	<i>C. avellana</i>	171±15	0.2±0.01	
	<i>C. betulus</i>	213±23	1.5±0.2	
	<i>O. carpinifolia</i>	119±9	0.7±0.02	
	<i>Q. ilex</i>	14±3	0.1±0.01	
	Totale	2254±36	18.2±0.9	
Strato dominante	<i>C. sativa</i>	239±21	10.5±1.3	
	<i>Q. cerris, Q. robur, Q. pubescens</i>	36±5	1.7±0.6	
	<i>A. obtusatum</i>	11±3	0.4±0.02	
	<i>C. betulus</i>	7±1	0.2±0.02	
	<i>O. carpinifolia</i>	4±1	0.1±0.01	
	Totale	296±25	13.0±1.7	
Totale dei due strati		2550±26	31.1±1.9	4.2±1.0

Tab. 3. Valori medi relativi ai dati strutturali per i cedui di *C. sativa* con elementi di bosco misto. D = densità degli individui, AB = area basimetrica, LAI = indice di area fogliare. È mostrata la deviazione standard.

Analisi morfologica e anatomica fogliare

L'analisi morfologica e anatomica fogliare eseguita nei cedui di 5 (CG) e di 23 anni (CM) ha permesso di definire le variazioni delle caratteristiche di *C. sativa* in relazione all'età dei cedui (Fig. 19).

Nel mese di Luglio non sono state evidenziate differenze significative dei tratti fogliari considerati tra i cedui CG e CM: in media le foglie di *C. sativa* hanno un valore di PS di 605 ± 152 mg, di SF di 83.3 ± 15.4 cm² e di Sp di 169.4 ± 18.2 µm. LMA mostra un valore di 7.2 ± 1.0 mg cm⁻², LTD di 426.3 ± 35.6 mg cm⁻³ e SLA di 141.5 ± 22.9 cm² g⁻¹.

Le analisi condotte su foglie raccolte nel mese di Ottobre hanno evidenziato differenze significative tra i cedui CG e CM. Le foglie di *C. sativa* nei cedui CG rispetto a CM evidenziano valori di PS, Sp, LMA, LTD rispettivamente maggiori del 37 %, 24 %, 45 % 15 % e valori di SLA minori del 30 %.

Analisi degli scambi gassosi

L'andamento degli scambi gassosi relativi ai mesi da Giugno ad Ottobre (2004) nei cedui di *C. sativa* CG e CM è mostrato nella figura 20.

Durante il periodo di studio i valori più elevati di Pn sono stati osservati il 13/07/2004 ed il 28/9/2004 con una temperatura dell'aria compresa tra 19.5 e 20.8 °C sia in CG che in CM; in particolare in Luglio i valori di Pn misurati in CG e CM non sono significativamente differenti (18.2 ± 2.5 e 15.8 ± 1.0 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), mentre in Settembre i valori misurati in CG (19.9 ± 2.6 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) sono significativamente ($P < 0.01$) maggiori di CM (14.5 ± 2.3 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Tassi bassi di Pn sono stati osservati in CG alla fine di Luglio (14.6 ± 2.2 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e in CM in Agosto (10.7 ± 1.0 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) con una temperatura dell'aria compresa tra 22.9 e 24.1 °C. La riduzione rispetto al massimo è del 26 % in CG e del 32 % in CM. I tassi minimi di Pn sono stati osservati alla fine di Ottobre sia in CG che in CM (in media 6.1 ± 1.6 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Nel periodo Agosto-Ottobre i tassi di Pn in CM sono risultati mediamente inferiori del 32 % rispetto a CG.

L'andamento di g_s è risultato simile a quello di Pn, con tassi elevati misurati in Giugno ed i tassi minimi in Ottobre; in particolare, il massimo è stato misurato il 13/07/2004 sia in CG che in CM (rispettivamente 575 ± 103 e 554 ± 132 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ed in Agosto è stata osservata una riduzione del 34 e del 65 % rispettivamente in CG e CM. Nel periodo Agosto-Ottobre i tassi di g_s sono mediamente inferiori del 50 % in CG rispetto a CM.

L'andamento di E ha mostrato i valori più alti alla fine di Luglio sia in CG che in CM, con una temperatura dell'aria di 24.1 °C. In Agosto i tassi di traspirazione si riducono, rispetto al massimo, del 22 % in CG e del 45 % in CM.

L'andamento di WUE ha mostrato i valori più elevati a metà Luglio (6.7 ± 0.1 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$, media tra CG e CM) e in Settembre (6.7 ± 0.7 $\mu\text{mol CO}_2$

mmol⁻¹ H₂O, media tra CG e CM). Alla fine di Luglio WUE si riduce, rispetto al massimo, mediamente del 50 %, e non si evidenziano differenze significative tra CG e CM.

Analisi del potenziale idrico

Le misure del potenziale idrico e del contenuto idrico relativo fogliare di *C. sativa* effettuate nei cedui CG e CM il 13/07/2004, 30/08/2004 e 28/09/2004 sono riportate in figura 21.

I valori più elevati di Ψ sono stati misurati a metà Luglio sia in CG che in CM (in media $\Psi_{pd} = -0.50 \pm 0.08$ MPa e $\Psi_m = -1.62 \pm 0.13$ MPa), con una US mediamente del 22.5 % (Tab. 4) ed una piovosità totale di 26.4 mm nel mese precedente le misure. Parallelamente RWC ha evidenziato i valori più elevati (> 90 %).

I valori più bassi di Ψ e RWC sono stati misurati in Agosto, con una temperatura dell'aria di 30.4 °C, una riduzione della US mediamente del 28 % (Tab. 4), ed una scarsa piovosità totale (7.8 mm nel mese precedente le misure); in particolare, rispetto al valore massimo, è stata osservata una più alta riduzione sia di Ψ_{pd} che di Ψ_m in CM (rispettivamente del 110 e 79 %) rispetto a CG (rispettivamente del 29 e 17 %). RWC segue lo stesso andamento di Ψ evidenziando una più alta riduzione in CM (5 e 29 % rispettivamente al predawn e midday) rispetto a CG (2 e 5 % rispettivamente al predawn e midday).

	ore solari	T (°C)	H (%)	US (%)
Luglio	4.00	14.0±0.1	90.2±0.2	23.3±2.1
	12.00	25.0±0.1	45.7±0.1	22.5±2.6
Agosto	5.00	19.9±0.3	80.6±0.1	17.1±1.7
	12.00	30.4±0.2	35.1±0.1	16.2±2.3
Settembre	5.30	12.5±0.2	85.3±0.3	24.3±1.9
	12.00	20.8±0.3	40.4±0.6	23.1±2.2

Tab. 4. Valori di temperatura dell'aria (T), umidità dell'aria (H) e umidità del suolo (US) misurati prima dell'alba e a mezzogiorno il 13/07/2004, 30/08/2004 e 28/09/2004 nei cedui di *C. sativa* di 5 anni (CG) e di 23 anni (CM).

In Settembre si osserva un recupero sia di Ψ_{pd} (96 e 81 % rispettivamente in CG e CM), che di Ψ_m (23 e 75 % rispettivamente in CG e CM), associato ad una US di 23.1 % (Tab. 4) e ad una piovosità totale di 49.6 mm nel mese precedente le misure. Parallelamente RWC evidenzia un recupero di 83 e 88 % rispettivamente in CG e CM.

Boschi residuali presenti nel Parco Regionale dei Castelli Romani

Analisi chimico-fisica del suolo

I risultati relativi alle analisi fisiche del suolo, effettuate nei boschi residuali del Parco dei Castelli Romani, mettono in evidenza un tipo di suolo sabbioso-limoso (56.8 ± 11.9 % sabbia e 34.7 ± 9.1 % limo), con una bassa percentuale di argilla (8.5 ± 4.5 %) (Fig. 22). In particolare il bosco del Cerquone ha il più basso contenuto in sabbia (39.8 ± 2.1 %) ed il più alto in limo (49.2 ± 4.1 %). La percentuale di sabbia più elevata è presente nel suolo della pineta a *P. pinea* e nel Parco Colonna (rispettivamente 76.6 ± 3.5 e 74.1 ± 3.9 %).

Nei boschi residuali esaminati l'analisi chimica mette in evidenza un tipo di suolo a pH moderatamente acido (6.5 ± 0.5), ad eccezione delle boscaglie a *Q. pubescens*, la pineta a *P. pinea* e le leccete rupestri (rispettivamente 7.9 ± 0.3 , 7.0 ± 0.4 e 7.3 ± 0.4) (Tab. 5).

Il rapporto C/N, in media 10.1 ± 1.2 , indica un buon bilancio tra i processi di umificazione e mineralizzazione. Nei suoli esaminati, tale rapporto, presenta variazioni da 8.2 ± 0.3 nella pineta a *P. pinea* a 12.1 ± 0.4 nel bosco dei Cappuccini.

La sostanza organica è in media di 5.5 ± 2.3 %, e la percentuale più elevata caratterizza il bosco del Cerquone (9.0 ± 0.5 %) e la più bassa i suoli della pineta a *P. pinea* (1.6 ± 0.3 %).

Per quanto riguarda l'analisi del contenuto in acqua dei suoli, i risultati mettono in evidenza una US in media di 13.6 ± 2.7 %.

I suoli che presentano una più bassa percentuale di umidità risultano caratterizzati da una percentuale di sabbia più alta, come ad esempio nel Parco Colonna, bosco Ferentano, bosco dei Cappuccini e nella pineta a *P. pinea*. La più alta US è stata riscontrata nel bosco del Cerquone.

	pH	S _{org} (%)	N (%)	C/N	US (%)
Bosco Ferentano	6.5±0.3 ^{cd}	2.9±0.3 ^f	0.10±0.02 ^a	11.2±0.6 ^{de}	12.8±1.3 ^a
Bosco del Cerquone	5.4±0.2 ^e	9.0±0.5 ^a	0.47±0.03 ^e	11.2±0.2 ^{de}	18.6±0.7 ^b
Parco Colonna	6.6±0.4 ^{cd}	4.8±0.3 ^e	0.23±0.04 ^{bc}	10.1±0.4 ^{ac}	9.9±0.5 ^c
Bosco Miralago	6.8±0.1 ^c	4.4±0.4 ^e	0.27±0.04 ^{cd}	9.6±0.2 ^{ab}	16.8±0.8 ^b
Parco Chigi	6.3±0.2 ^d	8.1±0.5 ^{ab}	0.42±0.05 ^e	11.1±0.5 ^{de}	13.5±0.4 ^a
Vallone Tempesta	6.7±0.3 ^c	5.6±0.2 ^{cd}	0.37±0.04 ^{de}	8.7±0.4 ^b	13.0±0.5 ^a
Boschi esposti a nord del Lago di Albano	6.6±0.2 ^c	4.9±0.4 ^{de}	0.17±0.04 ^{ab}	10.2±0.5 ^{ad}	13.7±0.5 ^a
Bosco dei Cappuccini	6.1±0.2 ^d	7.3±0.6 ^{bc}	0.27±0.05 ^{cd}	12.1±0.4 ^e	12.4±0.3 ^a
Leccete rupestri	7.3±0.4 ^a	8.0±0.6 ^{ab}	0.45±0.03 ^e	10.1±0.2 ^{acd}	12.7±0.5 ^a
Boscaglia a <i>Q. pubescens</i>	7.9±0.3 ^a	6.2±0.3 ^{cd}	0.36±0.04 ^d	9.1±0.4 ^{bc}	13.1±0.4 ^a
Pinete a <i>P. pinea</i>	7.0±0.4 ^{ac}	1.6±0.3 ^f	0.11±0.03 ^a	8.2±0.3 ^b	10.2±0.5 ^c

Tab. 5. Valori di pH, % di sostanza organica (S_{org}), % di azoto (N), rapporto tra carbonio e azoto (C/N) e % di umidità del suolo (US) misurata il 30/08/2004 nei suoli dei boschi residuali presenti nel Parco dei Castelli. È mostrata la deviazione standard; le medie con le stesse lettere non sono significativamente differenti (ANOVA, P < 0.05).

Analisi strutturale

Boschi misti di latifoglie, dominati localmente da Quercus robur L. e/o da Carpinus betulus L.

I boschi misti di latifoglie sono presenti sui versanti dei due laghi, con una pendenza che raggiunge anche valori del 50 %, e in zone ben conservate, quali il Bosco Ferentano, il Bosco del Cerquone, il Parco Colonna, il Parco Chigi, il Bosco Miralago ed il Vallone Tempesta (Fig. 5).

Queste formazioni forestali hanno grande valenza ecologica, in quanto testimonianze della vegetazione presente nel territorio prima della coltivazione del castagno.

Bosco Ferentano

Si tratta di un bosco misto di latifoglie (Fig. 23) in cui si distingue uno strato dominante e dominato. Lo strato dominante è caratterizzato da una densità di 500±22 ind ha⁻¹, un'area basimetrica di 39.9±2.3 m² ha⁻¹, un diametro di 31.4±1.9 cm ed un'altezza di 26.9±1.3 m (Tab. 6 e Fig. 24). Sono presenti *Q. petraea*, *Q. robur*, *T. cordata*, anche con esemplari maestosi, e *A. obtusatum*, *C. betulus*, *O. carpinifolia* e *C. sativa*.

Lo strato dominato presenta una densità di 525 ± 19 ind ha⁻¹, un'area basimetrica di 10.1 ± 0.4 m² ha⁻¹, un diametro di 15.4 ± 1.2 cm ed un'altezza di 14.4 ± 2.1 m. Sono presenti, *C. sativa*, *A. obtusatum*, *C. betulus*, *O. carpinifolia*, *T. cordata* e *F. ornus* (Tab. 6 e Fig. 24).

		D (ind/ha)	AB (m ² /ha)	LAI (m ² m ⁻²)
Strato dominato	<i>C. sativa</i>	75±3	2.4±0.1	
	<i>A. obtusatum</i>	50±6	1.0±0.2	
	<i>F. ornus</i>	125±11	1.7±0.1	
	<i>C. betulus</i>	163±9	2.9±0.1	
	<i>O. carpinifolia</i>	87±4	1.5±0.1	
	<i>T. cordata</i>	25±4	0.7±0.3	
	Totale	525±19	10.1±0.4	
Strato dominante	<i>C. sativa</i>	25±6	1.2±0.1	
	<i>Q. robur, Q. petraea</i>	300±13	25.1±1.7	
	<i>T. cordata</i>	125±19	11.2±1.7	
	<i>A. obtusatum</i>	25±4	1.2±0.1	
	<i>C. betulus</i>	17±4	0.8±0.1	
	<i>O. carpinifolia</i>	8±2	0.4±0.02	
	Totale	500±22	39.9±2.3	
Totale dei due strati		1025±28	50.0±4.1	4.0±0.1

Tab. 6. Valori medi relativi ai dati strutturali per il bosco Ferentano. D = densità degli individui, AB = area basimetrica, LAI = indice di area fogliare. È mostrata la deviazione standard.

L'area basimetrica totale dello strato arboreo del bosco è di 50.0 ± 4.1 m² ha⁻¹, a cui contribuiscono per il 50 % *Q. petraea* e *Q. robur*, per il 24 % *T. cordata*, per il 9 % *C. betulus*, per il 7 % *C. sativa*, per il 4 % *A. obtusatum*, per il 3 % *F. ornus* e per 2 % *O. carpinifolia* (Fig. 25).

Lo strato arbustivo è costituito da *Hedera helix* L., *Laurus nobilis* L., *Staphylea pinnata* L., *Phillyrea latifolia* L., *Sambucus nigra* L., *Asparagus acutifolius* L., *Clematis vitalba* L., *Cornus mas* L., *Cornus sanguinea* L., *D. laureola*, *Euonymus europaeus* L., *Euonymus latifolius* (L.) Miller, *Ilex aquifolium* L., *Laburnum anagyroides* Medicus, *Ligustrum vulgare* L., *Lonicera caprifolium* L., *Lonicera etrusca* Santi e *Viburnum tinus* L.

La figura 26 mette in evidenza come le classi più rappresentate siano quelle di 24-27 cm, per lo strato dominante, e quella di 12-15 cm per lo strato dominato. Il LAI ha un valore di 4.0 ± 0.1 (Tab. 6).

Bosco del Cerquone

Si tratta di un bosco ad alto fusto (Fig. 27) costituito da molti esemplari secolari di *Q. robur*, fra i quali alcuni assai longevi e di straordinarie dimensioni. Lo strato dominante costituito da *Q. robur* e *C. betulus*, presenta una densità di 183 ± 21 ind ha⁻¹, un'area basimetrica di 31.7 ± 2.5 m² ha⁻¹, un diametro di 40.5 ± 5.3 cm ed un'altezza di 27.9 ± 2.4 m. Lo strato dominato, costituito da *C. avellana*, *A. obtusatum* e *C. betulus* è caratterizzato da una densità di 858 ± 23 ind ha⁻¹, un'area basimetrica di 13.4 ± 3.9 m² ha⁻¹, un diametro di 14.1 ± 2.1 cm ed un'altezza di 16.3 ± 4.7 m (Tab. 7 e Fig. 28). Lo strato arbustivo, caratterizzato da un'altezza di 1.5 ± 0.5 m è costituito da *S. nigra*, *E. europaeus*, *C. sanguinea*, *L. vulgare*, *Rosa arvensis* Hudson, *R. aculeatus* e *L. etrusca*. Sono numerose le plantule di *C. betulus* e di *Q. robur*, indice della buona potenzialità di rigenerazione.

		D (ind/ha)	AB (m ² /ha)	LAI (m ² m ⁻²)
Strato dominato	<i>C. betulus</i>	242±35	5.1±1.7	
	<i>A. obtusatum</i>	50±14	7.4±1.8	
	<i>C. avellana</i>	567±27	0.9±1.1	
	Totale	858±23	13.4±3.9	
Strato dominante	<i>C. betulus</i>	150±18	11.5±2.8	
	<i>Q. robur</i>	33±13	20.2±1.9	
	Totale	183±21	31.7±2.5	
Totale dei due strati		1042±27	45.1±3.7	4.4±0.3

Tab. 7. Valori medi relativi ai dati strutturali per il bosco del Cerquone. D = densità degli individui, AB = area basimetrica, LAI = indice di area fogliare. È mostrata la deviazione standard.

L'area basimetrica totale è di 45.1 ± 3.7 m² ha⁻¹, a cui contribuiscono per il 45 % *Q. robur*, per il 37 % *C. betulus*, per il 16 % *C. avellana* e per il 2 % *A. obtusatum* (Fig. 29).

Le classi di diametro più rappresentate per lo strato dominante e dominato sono rispettivamente quelle di 51-53 cm e 13-15 cm, inoltre nello strato dominante sono presenti anche individui arborei di notevoli dimensioni (diametro > 100 cm) (Fig. 30).

Il LAI è di 4.4 ± 0.3 (Tab. 7).

Parco Colonna

Sul fondo e lungo i fianchi del vallone formato dal torrente Bracco si sviluppa il bosco misto di latifoglie (Fig. 31). La struttura del bosco è caratterizzata da uno strato dominante a *C. betulus*, *O. carpinifolia*, *A. obtusatum* ed uno strato dominato, in cui sono presenti le specie dello strato dominante accompagnate da *F. ornus*, e *Q. ilex*. Lo strato dominante presenta una densità di 375 ± 21 ind ha⁻¹, un'area basimetrica di 31.7 ± 0.6 m² ha⁻¹, un diametro di 29.5 ± 2.7 cm ed un'altezza di 25.7 ± 1.5 m. Lo strato dominato presenta una densità di 925 ± 23 ind ha⁻¹, un'area basimetrica di 5.2 ± 0.3 m² ha⁻¹, un diametro di 7.3 ± 0.6 cm ed un'altezza di 9.9 ± 1.9 m (Tab. 8 e Fig. 32). Lo strato arbustivo è costituito da *S. nigra*, *Ulmus minor* Miller, *C. vitalba*, *D. laureola*, *E. europeus*, *I. aquifolium*, *L. vulgare*, *R. aculeatus* e *V. tinus*.

L'area basimetrica totale è di 36.9 ± 0.5 m² ha⁻¹, a cui contribuisce per il 40 % *C. betulus*, per il 36 % *A. obtusatum*, per il 19 % *O. carpinifolia*, per il 4 % *Q. ilex* e per l'1 % *F. ornus* (Fig. 33). Le classi di diametro più rappresentate per lo strato dominante e dominato sono rispettivamente quelle di 21-24 cm e 3-6 cm (Fig. 34). Nello strato dominante sono presenti, anche, individui di acero di notevoli dimensioni (diametro > 65 cm).

Il LAI è di 3.6 ± 0.2 (Tab. 8).

		D (ind/ha)	AB (m ² /ha)	LAI (m ² m ⁻²)
Strato dominato	<i>C. betulus</i>	150±13	1.9±0.2	
	<i>O. carpinifolia</i>	100±8	0.9±0.1	
	<i>A. obtusatum</i>	100±11	0.4±0.02	
	<i>F. ornus</i>	50±7	0.5±0.04	
	<i>Q. ilex</i>	525±19	1.4±0.1	
	Totale	925±23	5.2±0.3	
Strato dominante	<i>C. betulus</i>	225±17	12.8±0.4	
	<i>O. carpinifolia</i>	125±12	5.9±0.2	
	<i>A. obtusatum</i>	25±4	13.0±0.5	
	Totale	375±21	31.7±0.6	
Totale dei due strati		1325±19	36.9±0.5	3.6±0.2

Tab. 8. Valori medi relativi ai dati strutturali per il bosco misto di latifoglie presente nel Parco Colonna. D = densità degli individui, AB = area basimetrica, LAI = indice di area fogliare. È mostrata la deviazione standard.

Bosco Miralago

Fra il ciglio meridionale del Lago di Albano ed il Parco Chigi di Ariccia si sviluppa un bosco misto mesofilo residuale costituito da uno strato arboreo dominante composto da *Q. cerris* e *Q. pubescens* ed uno strato dominato con *Q. cerris*, *Q. pubescens*, *F. ornus*, *A. obtusatum*, *Q. ilex* e *C. betulus*. La densità dello strato dominante è di 225±11 ind ha⁻¹, l'area basimetrica di 24.2±1.1 m² ha⁻¹, il diametro di 34.7±2.9 cm e l'altezza di 27.0±1.2 m (Tab. 9 e Fig. 35). La densità del dominato è di 2125±21 ind ha⁻¹, l'area basimetrica di 16.5±0.3 m² ha⁻¹, il diametro di 9.3±1.2 cm e l'altezza di 17.0±2.0 m (Tab. 9 e Fig. 35). Nello strato arbustivo sono presenti *V. tinus*, *L. nobilis*, *Crataegus sp.*, *Q. ilex*, *U. minor* e *C. mas* ed ha un'altezza di 4-5 m.

L'area basimetrica totale è di 40.7±1.6 m² ha⁻¹, a cui contribuiscono per il 66 % *Q. cerris* e *Q. pubescens*, per il 18 % *F. ornus*, per il 10 % *Q. ilex*, per il 3 % *A. obtusatum*, per il 2 % *C. betulus* e per l'1 % *O. carpinifolia* (Fig. 36).

Le classi diametriche più rappresentate per lo strato dominante e per quello dominato sono rispettivamente quelle di 20-25 cm e di 8-12 cm (Fig. 37).

Il LAI è di 3.0±0.1 (Tab. 9).

		D (ind/ha)	AB (m ² /ha)	LAI (m ² m ⁻²)
Strato dominato	<i>Q. cerris; Q. pubescens</i>	225±13	2.6±0.3	
	<i>A. obtusatum</i>	200±16	1.3±0.2	
	<i>Q. ilex</i>	425±19	4.0±0.3	
	<i>C. betulus</i>	50±6	0.8±0.02	
	<i>O. carpinifolia</i>	25±3	0.4±0.01	
	<i>F. ornus</i>	1200±14	7.4±0.4	
	Totale	2125±21	16.5±0.3	
Strato dominante	<i>Q. cerris; Q. pubescens</i>	225±11	24.2±1.1	
	Totale	225±11	24.2±1.1	
Totale dei due strati		2350±18	40.7±1.6	3.0±0.1

Tab. 9. Valori medi relativi ai dati strutturali per il bosco Miralago. D = densità degli individui, AB = area basimetrica, LAI = indice di area fogliare. È mostrata la deviazione standard.

Parco Chigi

All'interno del Parco Chigi è presente un esempio di bosco misto ben conservato, nella sua composizione floristica e nella struttura (Fig. 38). Lo strato dominante è caratterizzato da una densità di 225±21 ind ha⁻¹, un'area basimetrica di 54.3±2.8 m² ha⁻¹, un diametro di 51.4±11.8 cm ed un'altezza di 26.2±1.6 m (Tab. 10 e Fig. 39). Sono presenti nello strato dominante *Q. cerris*, *Q. pubescens*, *Q. robur*, *Q. ilex* e *A. obtusatum*. Lo strato dominato presenta una densità di 625±28 ind ha⁻¹, un'area basimetrica di 3.3±0.3 m² ha⁻¹, un diametro di 8.6±3.7 cm ed un'altezza di 12.9±1.6 m (Tab. 10 e Fig. 39), in cui sono presenti *A. obtusatum*, *F. ornus*, *Q. ilex* e *C. betulus*.

L'area basimetrica totale è di 57.5±4.9 m² ha⁻¹, a cui contribuiscono per il 68 % *Q. cerris*, per il 12 % *A. obtusatum*, per l'11 % *Q. robur*, per il 4 % *Q. pubescens*, per il 3 % *Q. ilex*, per l'1 % *F. ornus* e per lo 0.1 % *C. betulus* (Fig. 40). All'interno del Parco sono presenti esemplari ultracentenari di *Q. cerris*, di cui quello più maestoso è situato nella zona occidentale del Parco Chigi.

Le classi diametriche più rappresentate per lo strato dominante e per quello dominato sono rispettivamente quelle di 25-30 cm e di 0-5 cm (Fig. 41).

Lo strato arbustivo è caratterizzato dalla presenza di *L. nobilis*, *C. mas*, *D. laureola* e *R. aculeatus*.

La mancanza di plantule è dovuta all'azione incisiva di daini e cinghiali.

Il LAI è di 4.5 ± 0.1 (Tab. 10).

		D (ind/ha)	AB (m ² /ha)	LAI (m ² m ⁻²)
Strato dominato	<i>Q. ilex</i>	75±9	0.5±0.2	
	<i>A. obtusatum</i>	475±22	2.3±0.3	
	<i>F. ornus</i>	63±16	0.5±0.1	
	<i>C. betulus</i>	13±3	0.1±0.04	
	Totale	625±28	3.3±0.3	
Strato dominante	<i>Q. cerris</i>	138±15	39.3±1.2	
	<i>Q. pubescens</i>	13±3	2.3±0.2	
	<i>Q. robur</i>	13±2	6.6±0.2	
	<i>Q. ilex</i>	13±5	1.3±0.3	
	<i>A. obtusatum</i>	50±6	4.8±0.5	
	Totale	225±21	54.3±2.8	
Totale dei due strati		850±38	57.5±4.9	4.5±0.1

Tab. 10. Valori medi relativi ai dati strutturali per il bosco misto di latifoglie presente nel Parco Chigi. D = densità degli individui, AB = area basimetrica, LAI = indice di area fogliare. È mostrata la deviazione standard.

Vallone Tempesta

Nel versante esposto a sud del lago di Nemi si possono osservare boschi misti, caratterizzati dalla presenza nello strato arboreo di *Q. pubescens*, *A. campestre*, *A. obtusatum*, *F. ornus* e *Q. ilex* (Fig. 42).

La densità dello strato arboreo è di 1000 ± 41 ind ha⁻¹, l'area basimetrica di 30.9 ± 2.8 m² ha⁻¹, il diametro di 18.7 ± 2.9 cm e l'altezza di 20.4 ± 3.0 m (Tab. 11 e Fig. 43). Il contributo in percentuale all'area basimetrica totale delle specie presenti è del 47 % per *Q. pubescens*, del 19 % per *A. obtusatum*, del 17 % per *F. ornus*, 12 % per *A. campestre*, e del 4 % per *Q. ilex* (Fig. 44). Nella distribuzione in classi di diametro la classe più rappresentata è quella di 21-24 cm (Fig. 45).

Lo strato arbustivo è costituito da *Q. ilex*, *C. mas*, *A. acutifolius*, *L. nobilis*, *C. monogyna*, *P. latifolia*, *H. elix*, *C. vitalba*, *D. laureola*, *E. europaeus*, *I. aquifolium*, *L. etrusca*, *S. pinnata*, *R. aculeatus*.

Il LAI è di 3.8 ± 0.2 (Tab. 11).

	D (ind/ha)	AB (m ² /ha)	LAI (m ² m ⁻²)
<i>Q. pubescens</i>	300±22	14.6±4.9	
<i>A. campestre</i>	200±17	3.7±1.1	
<i>A. obtusatum</i>	200±25	6.0±1.0	
<i>F. ornus</i>	275±18	5.3±2.2	
<i>Q. ilex</i>	25±5	1.3±0.4	
Totale	1000±41	30.9±2.8	3.8±0.2

Tab. 11. Valori medi relativi ai dati strutturali per il bosco misto di latifoglie presente a Vallone Tempesta. D = densità degli individui, AB = area basimetrica, LAI = indice di area fogliare. È mostrata la deviazione standard.

Boschi del versante esposto a nord del lago di Albano

Il versante esposto a nord del lago di Albano è caratterizzato dalla presenza di boschi misti a dominanza di *C. betulus* e di *Q. ilex*. Lo strato arboreo è costituito da *Q. ilex*, *C. betulus*, *F. ornus*, *C. sativa*, *V. tinus* e *C. avellana*. È caratterizzato da una densità di 2444 ± 38 ind ha⁻¹, un'area basimetrica di 27.8 ± 2.1 m² ha⁻¹, un diametro di 10.1 ± 1.7 cm ed un'altezza di 16.0 ± 7.3 m (Tab. 12 e Fig. 46). Lo strato arbustivo è costituito da *A. acutifolius*, *R. aculeatus*, *Q. ilex*, *V. tinus*, *L. nobilis* e *I. aquifolium*.

Il contributo in percentuale all'area basimetrica totale delle specie arboree è del 48 % per *Q. ilex*, del 41 % per *C. betulus*, del 5 % per *F. ornus*, del 4 % per *C. sativa*, dell'1 % per *V. tinus* e *C. avellana* (Fig. 47).

Nella distribuzione in classi di diametro (Fig. 48) si osserva come le classi più rappresentate siano quelle di 3-6 cm.

Il LAI è di 2.8 ± 0.04 (Tab. 12).

	D (ind/ha)	AB (m ² /ha)	LAI (m ² m ⁻²)
<i>C. betulus</i>	1133±57	11.4±1.9	
<i>Q. ilex</i>	889±28	13.2±1.5	
<i>F. ornus</i>	200±33	1.4±0.2	
<i>V. tinus</i>	178±11	0.3±0.2	
<i>C. sativa</i>	22±5	1.1±0.2	
<i>C. avellana</i>	22±4	0.3±0.1	
Totale	2444±38	27.8±2.1	2.8±0.04

Tab. 12. Valori medi relativi ai dati strutturali per i boschi misti a dominanza di *C. betulus* e di *Q. ilex* presenti nel versante esposto a nord del Lago di Albano. D = densità degli individui, AB = area basimetrica, LAI = indice di area fogliare. È mostrata la deviazione standard.

Analisi comparata dei boschi misti di latifoglie presenti nel Parco dei Castelli Romani

Nei diagrammi riportati nella figura 49 è riassunta la variabilità di Di, D, LAI e AB nell'ambito dei diversi aspetti di bosco misto analizzati nel Parco dei Castelli Romani.

D presenta i valori più bassi nel Parco Chigi, ed aumenta, in media del 20 %, nel Cerquone, nel Bosco Ferentano e nei boschi lungo il versante del lago di Nemi, del 56 % nel Parco Colonna e in media del 182 % nel bosco Miralago e nei boschi situati lungo il versante esposto a nord del lago di Albano. I valori più elevati di Di sono stati rilevati all'interno del Parco Chigi e del Bosco Ferentano, mentre i valori più bassi nei boschi lungo il versante esposto a nord del lago di Albano e nel Bosco di Miralago.

Si può quindi sottolineare come D diminuisca e Di aumenti in relazione alla maturità del bosco. Nel bosco del Parco Chigi, nel Ferentano ed in quello del Cerquone, che presentano una maggiore maturità, infatti, la densità è ridotta e sono presenti individui con diametro più elevato rispetto a quello degli altri boschi misti esaminati.

Il LAI segue l'andamento delle variazioni dei parametri strutturali, mostrando il valore più elevato nel Bosco del Cerquone, nel Bosco Ferentano e nel Parco Chigi.

Boschi e boscaglie a dominanza di Quercus ilex L., localmente con aspetti rupestri.

Questa tipologia vegetazionale è presente in alcuni boschi residuali quali il Bosco dei Cappuccini, il Parco Colonna ed il Parco Chigi ed in ambienti rupestri sui versanti esposti a sud delle caldere dei laghi.

Bosco dei Cappuccini

Si tratta di un bosco molto degradato, dove sono presenti aspetti di lecceta mesofila arricchita di elementi di bosco misto (Fig. 50).

Lo strato arboreo è costituito da *Q. ilex*, *L. nobilis*, *F. ornus*, *A. obtusatum*, *T. cordata* e *Robinia pseudoacacia* L. ed è caratterizzato da una densità di 1550 ± 45 ind ha⁻¹, un'area basimetrica di 50.7 ± 2.9 m² ha⁻¹, un diametro di 16.6 ± 2.6 cm ed un'altezza di 18.0 ± 2.0 m (Tab. 13 e Fig. 51). Lo strato arbustivo è costituito principalmente da *L. nobilis*, *V. tinus* e *R. aculeatus*.

	D (ind/ha)	AB (m ² /ha)	LAI (m ² m ⁻²)
<i>Q. ilex</i>	450±17	31.7±1.1	
<i>L. nobilis</i>	350±22	4.6±0.5	
<i>F. ornus</i>	650±27	11.1±0.6	
<i>A. obtusatum</i>	50±11	0.5±0.1	
<i>T. cordata</i>	25±9	1.9±0.3	
<i>R. pseudoacacia</i>	25±4	0.9±0.2	
Totale	1550±45	50.7±2.9	1.8±0.1

Tab. 13. Valori medi relativi ai dati strutturali per il bosco dei Cappuccini a dominanza di *Q. ilex*. D = densità degli individui, AB = area basimetrica, LAI = indice di area fogliare. È mostrata la deviazione standard.

Il contributo in percentuale all'area basimetrica totale delle specie presenti è del 62 % per *Q. ilex*, del 22 % per *F. ornus*, del 9 % per *L. nobilis*, del 4 % per *T. cordata*, del 2 % per *R. pseudoacacia* e dell'1 % per *A. obtusatum* (Fig. 52). Nella figura 53 si osserva che la classe più rappresentata è quella di 12-15 cm e che nel

bosco sono presenti anche esemplari di *Q. ilex* di notevoli dimensioni (diametro > 80 cm).

Il LAI è di 1.8 ± 0.1 (Tab. 13).

Parco Colonna

Sugli spalti rocciosi, lungo i fianchi del Vallone formato dal torrente Bracco è presente un bosco a dominanza di *Q. ilex* molto degradato. Lo strato arboreo, costituito da *Q. ilex*, *A. obtusatum*, *A. campestre* e *F. ornus*, presenta una densità di 2089 ± 29 ind ha⁻¹, un'area basimetrica di 43.4 ± 3.8 m² ha⁻¹, un diametro di 11.3 ± 3.7 cm ed un'altezza di 18.4 ± 2.0 m (Tab. 14 e Fig. 54). Lo strato arbustivo risulta costituito dalle specie dello strato arboreo e da *R. aculeatus* e *A. acutifolius*.

Il contributo in percentuale all'area basimetrica totale delle specie arboree presenti è del 59 % per *Q. ilex*, del 30 % per *A. obtusatum*, 7 % per *A. campestre* e del 5 % per *F. ornus* (Fig. 55). Sono presenti individui arborei maestosi, caratterizzati da un diametro maggiore di 60 cm.

Dalla figura 56 emerge che la classe di diametro più rappresentata è quella di 3-6 cm.

Il LAI è di 2.5 ± 0.2 (Tab. 14).

	D (ind/ha)	AB (m ² /ha)	LAI (m ² m ⁻²)
<i>Q. ilex</i>	1778±53	25.6±1.7	
<i>A. obtusatum</i>	133±18	12.9±1.9	
<i>A. campestre</i>	89±11	2.9±0.6	
<i>F. ornus</i>	89±7	2.0±0.5	
Totale	2089±29	43.4±3.8	2.5±0.2

Tab. 14. Valori medi relativi ai dati strutturali per il bosco a dominanza di *Q. ilex* presente nel Parco Colonna. D = densità degli individui, AB = area basimetrica, LAI = indice di area fogliare. È mostrata la deviazione standard.

Parco Chigi

Nel Parco Chigi sono presenti aspetti di bosco a dominanza di *Q. ilex* (Fig. 57). Lo strato arboreo, costituito da *Q. ilex*, *A. obtusatum*, *Q. cerris*, *F. ornus*, *C. betulus*, *O. carpinifolia* e *L. nobilis*, presenta una densità di 1233 ± 97 ind ha⁻¹, un'area basimetrica di 61.5 ± 3.2 m² ha⁻¹, un diametro di 19.3 ± 3.0 cm ed un'altezza di 20.4 ± 4.6 m (Tab. 15 e Fig. 58). Lo strato arbustivo è formato da *L. nobilis*, *Q. ilex*, *A. obtusatum*, *F. ornus*, *V. tinus* e *R. aculeatus*.

Il contributo in percentuale all'area basimetrica totale delle specie arboree presenti è del 70 % per *Q. ilex*, del 12 % per *F. ornus*, del 6 % per *A. obtusatum*, del 5 % per *C. betulus*, del 3 % per *O. carpinifolia* e *Q. cerris* e dell'1 % per *L. nobilis* (Fig.59).

Dalla distribuzione in classi di diametro (Fig. 60) emerge che la classe più rappresentata è quella di 5-10 cm; sono presenti individui di *Q. ilex* di notevole dimensioni (diametro > 80 cm) e l'esemplare più maestoso, con un diametro maggiore di un metro, si trova nella parte settentrionale del Parco.

Da sottolineare l'assenza di rinnovazione a causa dell'elevata pressione di daini e cinghiali.

Il LAI è di 4.4 ± 0.6 (Tab. 15).

	D (ind/ha)	AB (m ² /ha)	LAI (m ² m ⁻²)
<i>Q. ilex</i>	525±65	43.0±1.3	
<i>F. ornus</i>	442±83	7.3±1.3	
<i>L. nobilis</i>	67±31	0.7±0.4	
<i>O. carpinifolia</i>	58±29	2.0±0.7	
<i>A. obtusatum</i>	100±22	3.6±1.1	
<i>C. betulus</i>	25±11	3.1±1.2	
<i>Q. cerris</i>	17±9	1.9±0.4	
Totale	1233±97	61.5±3.2	4.4±0.6

Tab. 15. Valori medi relativi ai dati strutturali per il bosco a dominanza di *Q. ilex* presente nel Parco Chigi. D = densità degli individui, AB = area basimetrica, LAI = indice di area fogliare. È mostrata la deviazione standard.

Aspetti rupestri

Questi aspetti si trovano in ambienti situati nelle caldere dei laghi e sono caratterizzati dalla presenza di *Q. ilex*, che si sviluppa sugli spalti rocciosi ed assolati (Fig. 61). Le leccete rupestri hanno un carattere mesofilo dovuto all'elevato grado di umidità stagionale (Amadori e Tonelli, 1993). Lo strato arboreo, costituito da *Q. ilex*, *L. nobilis*, *F. ornus* e *Q. pubescens*, ha una densità di 2879 ± 27 ind ha⁻¹, un'area basimetrica di 54.7 ± 2.1 m² ha⁻¹, un diametro di 14.6 ± 0.1 cm ed un'altezza di 14.6 ± 1.0 m (Tab. 16 e Fig. 62). Lo strato arbustivo è costituito da *Q. ilex*, *L. nobilis*, *V. tinus* e *A. aculeatus*. Il contributo in percentuale all'area basimetrica totale delle specie presenti è dell'88 % per *Q. ilex*, dell'8 % per *Q. pubescens*, del 3 % per *L. nobilis* e dell'1 % per *F. ornus* (Fig. 63).

La distribuzione in classi di diametro (Fig. 64) mostra come la classe più rappresentata sia quella di 10-15 cm .

Il valore di LAI è di 3.7 ± 0.2 (Tab. 16).

	D (ind/ha)	AB (m ² /ha)	LAI (m ² m ⁻²)
<i>Q. ilex</i>	2421±37	48.2±1.1	
<i>L. nobilis</i>	271±21	1.9±0.3	
<i>F. ornus</i>	36±13	0.4±0.1	
<i>Q. pubescens</i>	150±22	4.2±2.8	
Totale	2879±27	54.7±2.1	3.7±0.2

Tab. 16. Valori medi relativi ai dati strutturali per le leccete rupestri. D = densità degli individui, AB = area basimetrica, LAI = indice di area fogliare. È mostrata la deviazione standard.

Analisi comparata dei boschi e delle boscaglie a dominanza di Quercus ilex L. presenti nel Parco dei Castelli Romani

Nella figura 65 è illustrata la variabilità delle caratteristiche strutturali dei diversi aspetti analizzati di boschi e boscaglie a dominanza di *Q. ilex*.

Il valore più basso di D è stato rilevato nel bosco presente nel Parco Chigi, ed aumenta del 37 % nel Bosco dei Cappuccini, del 101 % a Parco Colonna e del 194 % nelle leccete rupestri. Il più basso valore di Di è presente nella formazione del

Parco Colonna; aumenta del 29 % nelle leccete rupestri, del 47 % nel Bosco dei Cappuccini e del 71 % nel Parco Chigi. L'aspetto più maturo di bosco a dominanza di *Q. ilex* è quello relativo al Parco Chigi, che mostra la minore D ($1233 \pm 97 \text{ ind ha}^{-1}$) ed i valori più elevati di Di ($19.3 \pm 3.0 \text{ cm}$), AB ($61.5 \pm 3.2 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) e LAI (4.4 ± 0.6). Nel bosco dei Cappuccini si rileva l'aspetto più antropizzato, con ampie aperture della copertura arborea, che giustificano il basso valore di LAI (1.8 ± 0.1).

Boscaglia a Quercus pubescens Willd.

La boscaglia termofila a roverella, è presente nel versante esposto a sud del lago di Albano (Fig. 66). Si tratta di una cenosi molto degradata costituita nello strato arboreo da *Q. pubescens*, *Q. ilex*, *F. ornus* e *Pistacia terebinthus* L. e caratterizzata da una densità di $1422 \pm 89 \text{ ind ha}^{-1}$, un'area basimetrica di $39.0 \pm 2.4 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, un diametro di $17.2 \pm 2.5 \text{ cm}$ ed un'altezza di $12.6 \pm 1.1 \text{ m}$ (Tab. 17 e Fig. 67). Lo strato arbustivo è composto da *U. minor*, *P. terebinthus*, *Rhamnus alaternus* L., *L. etrusca*, *Coronilla emerus* L. e *A. acutifolius*.

Il contributo in percentuale all'area basimetrica totale delle specie presenti è del 56 % per *Q. pubescens*, del 31 % per *Q. ilex*, del 9 % per *P. terebinthus* e del 5 % per *F. ornus* (Fig. 68).

Nella distribuzione in classi di diametro si osserva che la classe più rappresentata è quella di 9-12 cm (Fig. 69).

Il valore di LAI è di 2.4 ± 0.1 (Tab. 17).

	D (ind/ha)	AB (m ² /ha)	LAI (m ² m ⁻²)
<i>Q. ilex</i>	311±39	12.1±3.9	
<i>L. nobilis</i>	489±44	21.7±4.8	
<i>F. ornus</i>	222±37	1.8±0.5	
<i>A. obtusatum</i>	400±26	3.4±1.6	
Totale	1422±89	39.0±2.4	2.4±0.1

Tab. 17. Valori medi relativi ai dati strutturali per le boscaglie a *Q. pubescens*. D = densità degli individui, AB = area basimetrica, LAI = indice di area fogliare. È mostrata la deviazione standard.

Arbusteti a Corylus avellana L.

Queste formazioni sono presenti nella parte nord, nord-est del cratere del lago di Nemi.

Gli arbusteti a nocciolo sono caratterizzati dalla presenza di *C. avellana*, *C. sativa* e *C. betulus*, con una densità di 17575 ± 1123 ind ha⁻¹, un'area basimetrica di 37.3 ± 6.9 m² ha⁻¹, un diametro di 6.8 ± 2.8 cm ed un'altezza di 10.9 ± 2.2 m (Tab. 18 e Fig. 70). La presenza di *C. avellana* (come per il castagno) nel Parco sembra essere stata favorita dall'uomo.

Nella figura 71 è riportato il contributo in percentuale delle specie presenti all'area basimetrica totale, che è del 63 % per *C. avellana*, del 31 % per *C. sativa* e del 6 % per *C. betulus*.

Nella distribuzione in classi di diametro (Fig. 72) si può osservare come la classe più rappresentata sia quella ≤ 2 cm.

Il LAI è di 5.2 ± 0.2 (Tab. 18).

	D (ind/ha)	AB (m ² /ha)	LAI (m ² m ⁻²)
<i>C. avellana</i>	15750±1237	23.5±7.9	
<i>C. sativa</i>	1750±213	11.5±4.6	
<i>C. betulus</i>	75±27	2.4±1.5	
Totale	17575±1123	37.3±6.9	5.2±0.2

Tab. 18. Valori medi relativi ai dati strutturali per gli arbusteti a *C. avellana*. D = densità degli individui, AB = area basimetrica, LAI = indice di area fogliare. È mostrata la deviazione standard.

Pinete a Pinus pinea L.

Le pinete esaminate (Fig. 73) sono localizzate nella parte settentrionale del Parco, a sud-est di Frascati, nella zona del Tuscolo. Sono caratterizzate da una densità di 400 ± 24 ind ha⁻¹, un diametro di 38.6 ± 2.1 cm, un'area basimetrica di 48.1 ± 2.1 m² ha⁻¹ ed un'altezza di 18.0 ± 1.3 m (Tab. 19).

La distribuzione per classi di diametro evidenzia che il maggior numero degli individui ha un diametro compreso nella classe 39-42 cm (Fig. 74). Lo strato arbustivo è assente.

Il LAI misurato è di 3.3 ± 0.1 (Tab. 19).

	D (ind/ha)	Di (cm)	AB (m ² /ha)	H (m)	LAI (m ² m ⁻²)
<i>P. pinea</i>	400±24	38.6±2.1	48.1±2.1	18.0±1.3	3.3±0.1

Tab. 19. Valori medi relativi ai dati strutturali per le pinete a *P. pinea*. D = densità degli individui, Di = diametro del tronco a 1.30 m, AB = area basimetrica, H = altezza, LAI = indice di area fogliare. È mostrata la deviazione standard.

Analisi morfologica e anatomica fogliare

I risultati relativi all'analisi morfologica ed anatomica, delle specie arboree più rappresentate nel Parco dei Castelli Romani, sono riportati in tabella 20.

L'analisi morfologica e anatomica fogliare ha permesso di definire le caratteristiche delle specie costituenti: *C. sativa* mostra i valori maggiori di superficie fogliare e di peso secco (rispettivamente 79.7 ± 18.5 cm² e 717 ± 95 mg) e *Q. ilex* i valori minori (rispettivamente 9.8 ± 1.9 cm² e 141 ± 39 mg).

Q. ilex presenta il valore più elevato di consistenza fogliare (LMA) (15.4 ± 2.0 mg cm⁻²) e *T. cordata* il più basso (6.6 ± 0.8 mg cm⁻²).

Per quanto riguarda la superficie fogliare specifica (SLA) i valori maggiori sono stati riscontrati in *T. cordata*, *A. obtusatum* e *C. betulus* (145.0 ± 9.8 cm² g⁻¹, valore medio) e quelli minori in *Q. ilex* (71.4 ± 8.9 cm² g⁻¹).

Per quanto riguarda la densità tessutale (LTD), *Q. ilex* mostra il valore più elevato (515.2 ± 32.2 mg cm⁻³) e *T. cordata* il più basso (355.0 ± 12.5 mg cm⁻³).

Q. ilex è anche la specie che mostra lo spessore fogliare più elevato (301.0 ± 32.6 μm), mentre *C. betulus* il più basso (160.2 ± 14.9 μm).

Analisi degli scambi gassosi

I tassi di fotosintesi (Pn), conduttanza stomatica (g_s) e traspirazione fogliare (E) delle specie considerate, misurati in Giugno (media dei giorni 4-11-18-23-25 Giugno 2004), con temperatura dell'aria compresa fra 19 e 24 °C, ed in Agosto

(media dei giorni 29- 30-31 Agosto 2004), con temperatura dell'aria di 27-29 °C, sono riportate nelle figure 75-76 e 77.

C. sativa è la specie con i tassi più elevati di fotosintesi ($19.3 \pm 2.9 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e *A. obtusatum* e *C. betulus* quelle con i tassi più bassi ($11.1 \pm 0.9 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ valore medio). Fra le querce considerate *Q. pubescens* presenta il valore maggiore ($18.0 \pm 0.9 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Con temperature fogliari superiori ai 30 °C si osserva una riduzione dei tassi di Pn in tutte le specie considerate. In particolare si osserva una maggiore riduzione in *C. betulus* e *T. cordata* (mediamente del 47 %), ed una minore riduzione in *Q. ilex* e *Q. pubescens* (mediamente del 24 %). In tali condizioni di temperatura, i tassi più elevati di Pn sono stati misurati in *Q. pubescens* ($14.1 \pm 3.2 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ed i più bassi in *C. betulus* ($5.4 \pm 0.3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

La conduttanza stomatica segue lo stesso andamento della fotosintesi mostrando i tassi più elevati in *Q. robur* ($456 \pm 151 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e in *C. sativa* ($398 \pm 69 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ed i più bassi in *C. betulus* ($159 \pm 40 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

In Agosto, g_s evidenzia una riduzione più elevata in *Q. cerris* e *C. sativa* (mediamente del 59 %) ed una riduzione minore (23 %) in *Q. robur*.

Per quanto riguarda i tassi di traspirazione *Q. robur* evidenzia il tasso più elevato sia in Giugno che in Agosto (rispettivamente 4.12 ± 0.44 e $5.19 \pm 0.46 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Nella figura 78 è riportata l'efficienza nell'utilizzo dell'acqua (WUE).

Il valore più elevato è stato rilevato in *Q. ilex* e *Q. pubescens* sia in Giugno che in Agosto (rispettivamente 7.4 ± 0.2 e $3.6 \pm 0.1 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$, valori medi); i valori più bassi sono stati misurati in *Q. robur* e *C. betulus* in Giugno ($4.3 \pm 0.0 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$, valore medio) ed in *C. betulus* ed in *T. cordata* in Agosto ($2.3 \pm 0.0 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$, valore medio).

Analisi del potenziale idrico

I valori di potenziale idrico fogliare (Ψ) e del contenuto idrico relativo fogliare (RWC) misurati nei giorni 25/06/04 e 30/08/2004 sono mostrati nella figura 79.

Tutte le specie mostrano lo stesso andamento giornaliero di Ψ e di RWC, con un massimo prima dell'alba ed una riduzione a mezzogiorno, quando in seguito all'aumento di temperatura e al decremento di umidità dell'aria si registra il valore minimo giornaliero (Tab 21).

	ore solari	T (°C)	H (%)	US (%)
Giugno	4.00	13.5±0.1	90.5±0.4	25.5±1.4
	12.00	23.6±0.1	49.7±0.1	24.7±1.8
Agosto	5.00	19.9±0.3	80.6±0.1	16.5±1.9
	12.00	30.4±0.2	35.1±0.1	14.5±1.6

Tab. 21 Valori di temperatura dell'aria (T), umidità dell'aria (H) e umidità del suolo (US) misurati prima dell'alba e a mezzogiorno il 25/06/04 e il 30/08/2004.

Nel mese di Giugno, per quanto riguarda Ψ_{pd} , che indica la capacità di recupero notturna, fra le querce considerate, *Q. robur* mostra il valore meno negativo (-0.17±0.06 MPa) rispetto a *Q. pubescens*, *Q. ilex* (-0.52±0.00 MPa, valore medio) e *Q. cerris* (-0.54±0.08 MPa). Fra le altre specie considerate *A. obtusatum* è quella con il valore meno negativo (-0.16±0.03 MPa), seguita da *C. sativa* (-0.27±0.16 MPa) mentre *T. cordata* mostra quello più negativo (-0.61±0.18 MPa).

Per quanto riguarda Ψ_m , fra le querce considerate, *Q. robur* presenta il valore più negativo (-2.46±0.39 MPa) mentre *Q. ilex* il meno negativo (-1.55±0.02 MPa), mentre tra le altre specie *A. obtusatum* presenta il valore meno negativo (-0.33±0.09 MPa) e *C. betulus* il più negativo (-1.65±0.07 MPa).

Per tutte le specie si osservano valori di RWC elevati sia al predawn (95 % valore medio) che al midday (90 % valore medio), indice di una buona funzionalità. In particolare *A. obtusatum* è stata la specie con i valori più elevati al predawn (99.2 %) ed al midday (94.4 %) e *T. cordata* quella con i valori più bassi (91.5 % e 87.9 %, rispettivamente al predawn ed al midday); fra le querce esaminate *Q. robur* è la specie con il RWC più elevato al predawn (98.0 %).

C. betulus mostra rispetto a tutte le specie esaminate la maggiore riduzione (9.4 %) del RWC al midday, mentre *Q. ilex* è la specie che mostra la minore riduzione (1.0 %).

In Agosto, in seguito all'aumento di temperatura ed al calo dell'umidità dell'aria e del suolo (Tab 21), in tutte le specie considerate è stata osservata una riduzione di Ψ_{pd} e Ψ_m , rispetto a Giugno, sebbene i valori di RWC_{pd} e RWC_m si siano mantenuti relativamente elevati (rispettivamente $> 85.4\%$ e $> 82.6\%$). In particolare al predawn fra le querce considerate *Q. ilex* e *Q. pubescens* hanno mostrato i valori di Ψ_{pd} più elevati (-0.96 ± 0.01 MPa, valore medio), associati a valori di RWC rispettivamente di 94.2 % e 85.4 %. *Q. cerris* ha evidenziato il più basso valore di Ψ_{pd} (-2.38 ± 0.23 MPa) associato ad un basso valore di RWC_{pd} (86.8 %). *C. sativa* è stata la specie con i valori più elevati di Ψ_{pd} (-0.39 ± 0.08 MPa) e RWC_{pd} (96.5 %).

Al midday, fra tutte le specie esaminate, *Q. pubescens*, *Q. cerris* e *Q. robur* hanno mostrato i più bassi valori di Ψ_m (-3.13 ± 0.05 MPa, valore medio), significativamente inferiori a *Q. ilex* (-2.06 ± 0.06 MPa). In *Q. pubescens* e *Q. cerris* i bassi valori di Ψ_m sono associati a bassi valori di RWC_m ($83.2 \pm 0.9\%$), significativamente inferiori a *Q. robur* (86.0 %). Fra tutte le specie esaminate *C. obtusatum* ha evidenziato il più basso valore di RWC_m (76 %), associato ad un Ψ_m relativamente basso (-2.81 ± 0.36 MPa).

DISCUSSIONE

L'analisi strutturale e funzionale dei diversi sistemi presenti nel Parco dei Castelli Romani, condotta nell'ambito della presente ricerca, fornisce parametri quantizzabili che rendono possibile la valutazione dello stato funzionale dell'area considerata. Lo studio ha consentito di identificare le aree a maggiore valenza ecologica e le aree più degradate da considerare prioritariamente in un programma di gestione del territorio. Il territorio del Parco appare infatti come un mosaico in diversi stadi di alterazione antropica a causa della intensa urbanizzazione ed attività selvicolturali, che determinano una variazione continua della copertura vegetale. In particolare gli interventi da parte dell'uomo hanno favorito *C. sativa* rispetto ad altre specie dei boschi misti, dominanti in epoche passate.

L'interesse ecologico di questa zona nasce principalmente dalle peculiari caratteristiche geomorfologiche del territorio che determinano condizioni climatiche ottimali per lo sviluppo di boschi misti mesofili: precipitazioni abbondanti e mai limitanti (quindi assenza di un periodo di stress idrico vero e proprio) e assenza di grandi escursioni termiche.

Nel corso della presente ricerca sono stati analizzati, tra gli altri, i tratti strutturali e funzionali dei cedui di *C. sativa* di diverse età, al fine di valutare l'impatto causato dalla gestione selvicolturale su di essi.

In generale i castagneti presenti nel Parco sono sottoposti ad un trattamento selvicolturale a ceduo matricinato ed i turni di taglio, che nel passato erano di 5-10 anni, negli ultimi tempi sono stati allungati a 18-24 anni; tale allungamento è imputabile principalmente all'elevato costo delle fasi di taglio, allestimento ed esbosco (Piussi, 1994; Amorini *et al.*, 2000a). E' noto che trattamenti selvicolturali basati su tagli ravvicinati, portano ad un aumento della velocità di crescita dei cedui, ma ad una biomassa totale notevolmente ridotta (Gallardo *et al.*, 2000).

Sebbene i cedui analizzati siano caratterizzati da bassi valori di densità delle ceppaie (536 ± 7 cepp ha^{-1}), tipici dei cedui di castagno provenienti dalla conversione di castagneti da frutto (in accordo a Bernetti, 1995), l'elevato numero di polloni che si sviluppa dopo il taglio da ogni ceppaia (in media 30 ± 11 polloni per ceppaia)

determina valori elevati della densità dei polloni dopo il primo anno di crescita. La mancanza di differenze significative del numero delle ceppaie e delle matricine fra i cedui di differente età analizzati (parametri quindi indipendenti dall'età del ceduo) conferma l'omogeneità della gestione dei differenti stand analizzati.

Alla fine del primo anno di crescita i polloni raggiungono un'altezza di 1.5 m e le ceppaie assumono una forma globosa, che è probabilmente più efficace nell'intercettazione della radiazione solare (Piussi, 1994). In questo modo, accanto alla conquista dello spazio in altezza, si verifica una conquista laterale che favorisce lo sviluppo. In questa fase il LAI, che è il parametro strutturale più rappresentativo (Gratani e Crescente, 2000; White *et al.*, 2000; Cutini, 2002; Gratani *et al.*, 2003), ha un valore di 0.2 ± 0.1 . Tale forma viene meno con l'avanzare dell'età del ceduo, quando aumenta il grado di copertura delle chiome dovuto all'incremento del diametro (da 1.0 ± 0.5 cm ad 1 anno a 19.6 ± 9.1 cm a 30 anni) e dell'altezza (da 1.5 ± 0.8 m ad 1 anno a 20.5 ± 1.1 m a 30 anni). Con l'avanzare dell'età, l'aumento delle dimensioni dei polloni determina la caduta dei rami della parte inferiore e, di conseguenza, il ceduo assume l'aspetto di una giovane perticaia. Gli elevati valori del diametro alla fine del turno di ceduzione determinano il raggiungimento del massimo valore dell'area basimetrica nei cedui di 26-30 anni, in accordo con i risultati di Cutini (2000) per il Monte Amiata.

L'elevata riduzione della densità dei polloni (del 71 % a 10 anni e del 93 % a 30 anni rispetto ai cedui di 1 anno), è dovuta alla competizione che si può manifestare all'interno delle ceppaie e tra ceppaie diverse, ma soprattutto ai tagli intercalari. Solitamente vengono effettuati due tagli colturali: il primo a 8-10 anni dalla ceduzione in modo da lasciare un terzo dei polloni presenti, il secondo a distanza di quattro anni dal primo e prevede il taglio di circa un terzo dei polloni presenti (Piussi, 1994; Amorini *et al.*, 2000a).

Il valore elevato di LAI dopo 5 anni (20 volte più alto che nei cedui di 1 anno) testimonia le avvenute variazioni strutturali ed evidenzia il rapido recupero della copertura della chioma, riducendo quindi il verificarsi di problemi associati al taglio raso.

L'analisi di regressione sottolinea la dipendenza del LAI dalle variabili strutturali considerate, mettendo in evidenza l'incremento del LAI con l'aumentare del diametro, area basimetrica ed altezza e con il diminuire della densità dei polloni, fino al valore massimo di 5.0 ± 0.2 , misurato nei cedui di 12 anni. Nei cedui più maturi il LAI diminuisce a 3.5 ± 0.2 , giustificato dai cambiamenti strutturali che si determinano nel corso dello sviluppo: i cedui più maturi evidenziano infatti delle discontinuità e delle aperture all'interno della copertura fogliare, in accordo con i risultati di Cutini (2001), causati dai bassi valori della densità dei polloni (in media 1350 ± 205 ind ha⁻¹). I valori di LAI misurati nei cedui sono in accordo con i risultati di Leonardi *et al.* (1996), Gallardo *et al.* (2000) e Scurlock *et al.* (2001), mentre risultano essere più bassi rispetto a quelli riportati in letteratura per cedui di castagno in zone caratterizzate da clima più umido (maggiore piovosità annuale e minori temperature massime rispetto al Parco dei Castelli Romani) (Cutini, 2001).

L'analisi dei discriminanti è stata condotta per evidenziare i parametri maggiormente discriminanti fra i castagneti di differenti classi di età. I risultati mostrano che la densità dei polloni ed il LAI sono i parametri maggiormente discriminanti fra le varie classi di età; tale analisi permette inoltre di distinguere due diversi gruppi di cedui: un gruppo (cedui di *C. sativa* dai 23 ai 30 anni) caratterizzato da bassi valori della densità dei polloni ed alti valori di altezza e area basimetrica ed un gruppo (cedui di 10-17 anni) caratterizzato da alti valori di LAI.

Notevole valenza ecologica, in quanto testimonianza della vegetazione preesistente all'impianto del castagno, risultano avere i boschi residuali presenti nel territorio: il Bosco Ferentano, il Bosco del Cerquone, il Bosco Miralago, il Parco Colonna, il bosco dei Cappuccini, il Parco Chigi ed il Vallone Tempesta, in cui *C. sativa* tende a perdere il suo ruolo di specie dominante. L'analisi strutturale eseguita nei diversi aspetti dei boschi residuali considerati rispecchia il tipo di gestione e permette di evidenziare il grado di maturità delle diverse cenosi.

Per quanto riguarda i boschi misti di latifoglie, i risultati dell'analisi evidenziano come in generale le querce (*Q. cerris*, *Q. robur* e *Q. pubescens*), generalmente presenti nello strato dominante, siano le specie che maggiormente contribuiscono all'area basimetrica totale. Significativa risulta essere anche la

presenza di *C. betulus* che tende ad assumere il ruolo di specie dominante nei boschi del versante esposto a nord del lago di Albano insieme a *Q. ilex* e nel Parco Colonna insieme ad *A. obtusatum*.

Dei diversi aspetti di boschi misti di latifoglie considerati, il Parco Chigi rappresenta il più maturo: nello strato dominante l'elevato numero di querce di diametro superiore a 50 cm determina un elevato valore dell'area basimetrica ($54.3 \pm 2.8 \text{ m}^2/\text{ha}$). La presenza di uno strato dominante ben sviluppato si riflette sulla copertura fogliare che raggiunge nel Parco Chigi il valore più elevato (LAI = 4.5 ± 1.0) rispetto ad altre aree considerate. I bassi valori dell'area basimetrica dello strato dominato e l'elevato numero di individui di ridotte dimensioni (diametro inferiore a 5 cm) sono la conseguenza di uno scarso processo di rinnovazione che caratterizza tale Parco, dovuto all'azione incisiva di daini e cinghiali e a tagli sporadici selettivi effettuati nel bosco, storicamente utilizzato come riserva di caccia e per motivi ricreativi e culturali.

Il bosco del Cerquone rappresenta un ulteriore esempio di cenosi residuale con un elevato grado di maturità. I risultati dell'analisi strutturale evidenziano uno strato dominante costituito da *C. betulus* e sporadici individui di *Q. robur* di elevate dimensioni (diametro > 50 cm); questi ultimi sono assenti invece nello strato dominato (diametro = $14.1 \pm 2.1 \text{ cm}$) costituito per il 94 % dai soli individui di *C. avellana* e *C. betulus* e il rimanente 6 % da *A. obtusatum*. Il LAI elevato (4.4 ± 0.3) è determinato dall'elevato valore dell'area basimetrica e riflette il grado di maturità del bosco. Tali risultati rispecchiano un tipo di ceduzione, avvenuta in passato e oramai in gran parte abbandonata, che ha favorito la crescita selettiva di *C. avellana* e *C. betulus*, rispettivamente per la produzione di nocciole e l'utilizzazione del legno, a discapito di altre specie presenti tipicamente nei boschi misti del Parco dei Castelli.

Nel Parco Colonna si evidenzia un minor grado di maturità rispetto ai boschi misti presenti nel Parco Chigi e nel Bosco del Cerquone; il diametro medio dello strato dominante ($29.5 \pm 2.7 \text{ cm}$) risulta infatti essere significativamente inferiore rispetto a quello misurato nel Parco Chigi ($51.4 \pm 11.8 \text{ cm}$) e nel Bosco del Cerquone ($40.5 \pm 5.3 \text{ cm}$). Anche in questo aspetto sono presenti individui isolati di grosse

dimensioni (diametro > 60 cm) che testimoniano un tipo di taglio selettivo, effettuato più recentemente rispetto al Parco Chigi.

In generale si può osservare come il Parco Chigi, il Parco Colonna ed il bosco del Cerquone evidenzino una gestione selvicolturale del bosco che ha portato allo sviluppo di uno strato dominante con un basso numero di individui di grandi dimensioni (più maturo nel Parco Chigi e nel Bosco del Cerquone) e di uno strato dominato (più giovane nel Parco Colonna e nel Parco Chigi) a densità relativamente bassa (necessaria per la fruizione del bosco).

Nel bosco Ferentano la presenza di un elevato numero di specie nello strato arboreo ed arbustivo è il risultato di un tipo di gestione meno incisiva, che ha determinato una stratificazione del bosco con individui uniformemente distribuiti nello strato dominante e dominato (rispettivamente 49 e 51 % della densità totale). L'analisi della frequenza di distribuzione dei diametri del tronco mostra una distribuzione "a campana" in cui sono rappresentate tutte le età comprese fino a quelle dell'albero più maturo; questa struttura rispecchia quella di una popolazione disetanea e stabile (Piussi, 1994). L'elevato valore dell'area basimetrica ($50.0 \pm 4.1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) e del LAI (4.0 ± 0.1) evidenziano la maturità del bosco.

Il bosco Miralago rappresenta un ulteriore esempio di cenosi residuale in cui i tagli del soprassuolo hanno determinato lo sviluppo di uno strato dominante con individui di elevate dimensioni e relativamente maturi (diametro > 40 cm) e di uno strato dominato giovane con un'elevata densità ($2125 \pm 21 \text{ ind ha}^{-1}$), superiore al Parco Colonna, al Parco Chigi e al Bosco del Cerquone, testimonianza di uno sfoltimento e di un taglio meno intenso.

Il Vallone Tempesta ed i boschi del versante esposto a nord del Lago di Albano mostrano un aspetto più giovane di bosco, evidenziato da un basso valore di LAI e dell'area basimetrica. In particolare nel versante esposto a nord del Lago di Albano, l'elevata densità di individui (64 % del totale) di dimensioni ridotte di *C. betulus* e *Q. ilex* (3-12 cm di diametro) e la presenza di pochi individui (3 % del totale) di *Q. ilex* di dimensioni maggiori sono la conseguenza di un governo a ceduo matricinato del bosco.

Un tipo di taglio e sfoltimento più intenso sembra essere la causa della bassa densità del bosco presente a Vallone Tempesta, sebbene quasi il 50 % degli individui abbiano un diametro compreso tra i 15 e i 24 cm, indice quindi di un taglio non regolare ed effettuato in tempi non recenti.

In generale si può osservare come i valori di LAI misurati nei boschi misti di latifoglie rientrino nel range dei valori misurati per i boschi di latifoglie in Italia (Schirone *et al.*, 1985; Piccoli e Borelli, 1988; Cutini *et al.*, 1998; Gratani e Foti, 1998; Gratani e Crescente, 2000).

Per quanto riguarda i boschi e le boscaglie a dominanza di *Q. ilex* presenti nel Parco dei Castelli Romani, i risultati dell'analisi strutturale evidenziano come *Q. ilex* sia la specie che più contribuisce all'area basimetrica totale e sottolineano la presenza costante di *F. ornus* nello strato dominato. Questa copresenza rispecchia le strategie adattative di *F. ornus* che può infatti essere considerata una delle caducifoglie più resistenti all'aridità (Tretiach, 1993; Bernetti, 1995), e che meglio svolge il ruolo di specie pioniera grazie alla capacità di accrescimento iniziale più rapido delle concorrenti ed alla possibilità di sopravvivere allo stato di pollone esile e povero di chiome (Bernetti, 1995).

Anche per i boschi a dominanza di *Q. ilex*, il Parco Chigi rappresenta l'aspetto più maturo e meglio conservato: il 6 % della densità totale è costituito infatti da individui di *Q. ilex* di diametro superiore a 55 cm, che sovrastano individui di *Q. ilex*, *F. ornus* e *L. nobilis* di dimensioni ridotte (5-10 cm di diametro), su cui viene effettuato un continuo sfoltimento per permettere la fruizione del Parco da parte dei cittadini. La presenza di individui di elevate dimensioni determina valore elevati dell'area basimetrica ($61.5 \pm 3.2 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) e del LAI (4.4 ± 0.6). Tale valore di LAI è in accordo con i dati riportati in letteratura per boschi sempreverdi a *Q. ilex* (Rambal *et al.*, 1996; Gratani, 1997; Damesin *et al.*, 1998; Gratani e Crescente, 2000), e confermano quindi lo sviluppo di una densa copertura fogliare.

Da sottolineare invece l'aspetto fortemente degradato ed antropizzato del bosco a dominanza di *Q. ilex* presente nel Parco Colonna e del bosco dei Cappuccini. Interventi selvicolturali non programmati e non regolari e spesso mal valutati, accompagnati da tagli abusivi, hanno determinato lo scarso sviluppo della

copertura fogliare evidenziato da bassi valori di LAI (1.8 ± 0.1 e 2.5 ± 0.2 , rispettivamente nel bosco dei Cappuccini e nel Parco Colonna). Il Parco Colonna è caratterizzato da numerosi individui di ridotte dimensioni che testimoniano l'età relativamente giovane del soprassuolo. Il Bosco dei Cappuccini mostra invece un aspetto meno giovane evidenziato dalla distribuzione in classi di diametro con un massimo nella classe 12-15 cm e dalla presenza di un maggior numero di individui di diametro superiore a 30 cm.

La notevole inclinazione dei versanti e la collocazione in zone difficilmente accessibili hanno permesso lo sviluppo di leccete rupestri a basso impatto antropico, sulle quali l'uomo non ha effettuato alcuna gestione selvicolturale. La ridotta altezza (14.6 ± 1.0 m) e l'elevato numero di individui di diametro non elevato (14.6 cm) trovano la spiegazione nella forte pendenza di queste aree che fortemente condiziona la struttura dello strato arboreo (Pigott e Pigott, 1993). L'elevato numero di individui di ridotta altezza determina una elevata copertura fogliare che si riflette su un elevato valore di LAI (3.7 ± 0.2).

Nel versante esposto a sud del lago di Albano, in condizioni quindi di maggiore illuminazione e temperature più elevate, si sviluppa una boscaglia a densità relativamente bassa costituita da individui principalmente di *Q. pubescens* di altezza ridotta (13.2 ± 2.0 m) che determinano una scarsa copertura fogliare; il valore basso di LAI (2.4 ± 0.1) rientra nel range misurato da Damesin *et al.* (1998) (2.0-3.0).

Vanno infine considerate le pinete a *P. pinea* presenti nella parte più settentrionale del Parco, di chiara introduzione antropica, caratterizzate da un valore di LAI (3.3 ± 0.1) più elevato rispetto ai valori rilevati per le pinete di Castelporziano da Gratani e Crescente (2000) (2.6-3.0), e ciò è dovuto alla maggiore densità dello strato arboreo.

Per poter meglio comprendere le relazioni tra lo stato strutturale e funzionale delle formazioni forestali presenti nel Parco, nel corso della presente ricerca è stata condotta l'analisi chimico-fisica del suolo nei diversi boschi residuali considerati e nei cedui di *C. sativa* di differente età. I suoli del Parco, di origine vulcanica, grazie alle loro caratteristiche quali pH moderatamente acido, contenuto idrico del suolo e

percentuale di sostanza organica mai limitante, rapporto C/N mediamente di 10, indice di un buon bilancio tra i processi di umificazione e quelli di mineralizzazione e scarsa presenza di argilla, garantiscono un buon apporto di nutrienti ed un buon bilancio idrico, soddisfacendo anche le specie più esigenti come *C. sativa* e *C. betulus*, in accordo a Bernetti (1995), Leonardi *et al.* (1996) e Rubio e Escudero (2003). In particolare la tessitura risulta tendenzialmente sabbioso-limoso, ideale per specie con elevate esigenze di respirazione radicale come *C. sativa* (Bernetti, 1995). Questo tipo di suolo evita ristagni di acqua anche modesti.

Anche l'umidità del suolo, mai limitante, evidenzia un substrato fresco ed umido, ideale per la crescita ottimale delle specie che entrano a far parte delle formazioni forestali del Parco. L'umidità più bassa (in media 12 %) è stata rilevata nel Parco Colonna, nel bosco dei Cappuccini e nelle leccete rupestri, caratterizzati da una percentuale di sabbia maggiore (65 %) e dalla presenza di *Q. ilex*, specie mediterranea che risulta più competitiva in queste zone, rispetto alle altre specie presenti nel Parco, avendo minore esigenze di umidità del suolo (Barbero *et al.*, 1992).

Diverso è invece il tipo di tessitura del suolo nel Bosco del Cerquone in cui la più bassa percentuale di sabbia ed una più elevata percentuale di limo determinano una maggiore ritenzione idrica, evidenziata anche dalla vicina presenza dell'antica palude, oramai in gran parte prosciugata, definita "Pantano della Doganella".

Per quanto riguarda i cedui di *C. sativa* di 5 anni (CG) e di 23 anni (CM), la sostanza organica e la percentuale di azoto sono risultate più alte in CM rispetto a CG; tali risultati potrebbero essere dovuti alla maggiore quantità di lettiera accumulatasi nel corso degli anni, sebbene il rapporto C/N vicino ad 11 in entrambi sia un indice di un buon bilancio tra i processi di umificazione e mineralizzazione.

Tali risultati potrebbero anche essere conseguenza di un incremento dell'azione liscivante dell'acqua piovana sul suolo, che si intensifica nei primi anni dopo il taglio raso di un ceduo (Rubio e Escudero, 2003), determinando una significativa perdita di materia organica negli strati superficiali del suolo. Questo effetto è più marcato nelle aree ad elevata pendenza (Edeso *et al.*, 1999), e quindi dovrebbe interessare particolarmente il Parco dei Castelli, caratterizzato da

pendenze fino al 50 %. È noto infatti che il taglio ripetuto nel tempo della copertura vegetale, praticato in un sistema forestale governato a ceduo, può accelerare i processi di erosione del suolo, causando un cambiamento della porosità e della tessitura e una progressiva perdita di nutrienti, con ripercussioni negative sulla produttività (Edeso *et al.*, 1999; Rubio e Escudero, 2003).

L'analisi dei tratti morfologici e fisiologici fogliari è stata effettuata sulle specie più rappresentate nelle formazioni forestali del Parco. I risultati dell'analisi morfologica fogliare confermano le diverse strategie delle specie esaminate: *Q. ilex* e *Q. pubescens* sono le specie con il più elevato valore di LMA, anche se i valori riportati risultano minori rispetto a quelli riportati da Damesin *et al.* (1998) a causa della maggiore disponibilità idrica del suolo nel Parco dei Castelli. I valori inferiori di LMA nelle specie caducifoglie indicano una carenza di strutture protettive (Corcuera *et al.*, 2002). Tra le querce caducifoglie considerate, *Q. pubescens* evidenzia il valore più elevato, in accordo con il carattere più xerofilo di questa quercia, evidenziato anche dalla pubescenza della pagina inferiore della foglia e dei rametti (Bernetti, 1995; Nardini e Tyree, 1999).

Le caratteristiche morfologiche fogliari rispecchiano, inoltre, le diverse esigenze luminose delle specie. Molti studi hanno messo in evidenza valori di SLA più elevati negli strati inferiori della formazione vegetale dove la radiazione luminosa è minore o nelle specie ombrofile (Gratani e Foti, 1998; Balaguer *et al.*, 2001; Valladares *et al.*, 2002). In particolare, per quanto riguarda i valori di SLA, *C. betulus*, *A. obtusatum*, *T. cordata* presentano i valori più elevati ($145.0 \pm 9.8 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$, valore medio), indice della loro natura più sciafila rispetto alle querce ed al castagno.

Lo studio delle caratteristiche fisiologiche delle specie considerate ha evidenziato i tassi più elevati di fotosintesi in *C. sativa*: i valori massimi ($17.1 \pm 2.4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), misurati con temperature dell'aria ottimali (19-20 °C), sono in accordo con quelli riportati in letteratura da Pontailier *et al.* (1984) e Deweirtd e Carlier (1988), ma risultano più elevati rispetto a quelli misurati da Proietti *et al.* (2000) e Gomes-Laranjo *et al.* (2004), in condizioni climatiche e pedologiche meno

favorevoli, il che sottolinea come questa specie abbia il suo optimum ecologico nella zona oggetto di studio.

Per quanto concerne le altre specie si evidenzia come in condizioni ottimali *Q. cerris*, *Q. pubescens* e *Q. robur* abbiano tassi di fotosintesi superiori rispetto a *Q. ilex*, in accordo con le loro diverse strategie adattative: in generale infatti le specie sempreverdi sono caratterizzate da tassi di assimilazione più bassi rispetto alle caducifoglie (Larcher, 2003), in quanto la presenza di strutture protettive aumenta il costo di costruzione fogliare (Karabourniotis, 1998) e riduce la capacità fotosintetica, diminuendo la proporzione dei tessuti fotosintetizzanti nel mesofillo (Williams *et al.*, 1989). Al contrario specie caratterizzate da una bassa longevità fogliare hanno generalmente foglie sottili, di ridotta consistenza, con conseguenti bassi valori di efficienza di utilizzo di acqua, ed un'elevata capacità fotosintetica in condizioni ottimali, rispetto alle specie con una maggiore longevità fogliare (Wright *et al.*, 2001; Kitajima *et al.*, 2002). I tassi di assimilazione elevati nelle caducifoglie permettono un accumulo di riserve nel breve periodo di attività vegetativa (che in gran parte coincide con lo stress d'aridità tipico del clima Mediterraneo) (Damesin *et al.*, 1998), mentre le specie sempreverdi sono capaci di mantenere un bilancio positivo di carbonio durante tutto l'anno, con tassi ridotti nel periodo di aridità e nei periodi particolarmente freddi (Abril e Hanano, 1998; Peñuelas *et al.*, 2000; Gratani e Ghia, 2002).

Con l'aumentare delle temperature ed il diminuire dell'umidità del suolo (nel mese di Agosto) tutte le specie mostrano una riduzione dei tassi fotosintetici (in media del 35 %). Da sottolineare come in tali condizioni le specie che mantengono i più elevati tassi fotosintetici sono *C. sativa*, che in questa zona trova il suo optimum ecologico (Bernetti, 1995), e *Q. pubescens* e *Q. ilex*, le specie meglio adattate e più resistenti all'aridità (Nardini e Tyree, 1999; Corcuera *et al.*, 2002).

I valori rilevati di fotosintesi per *Q. ilex* e *Q. pubescens* nel corso della presente ricerca sono in accordo con quelli riportati da Tretiach (1993) e Damesin *et al.* (1998).

Per quanto riguarda *Q. cerris* è stato rilevato un valore di $16.8 \pm 3.0 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, in accordo con Valentini *et al.* (1995).

Per *Q. robur* e *T. cordata* i valori rilevati nel Parco ($17.4 \pm 2.5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $14.0 \pm 1.9 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ rispettivamente) sono in accordo con quelli riportati da Epron e Dreyer (1993), Timbal e Aussenac (1996) ed Aasamaa e Söber (2001).

Dall'analisi dei tassi di conduttanza stomatica emerge come *Q. robur* sia la specie con i valori più elevati e con la minore riduzione percentuale tra il mese di Giugno ed il mese di Agosto. Tale risultato, inaspettato per una specie fortemente sensibile all'aridità rispetto ad altre querce (Bréda *et al.*, 1993; Dreyer *et al.*, 1993), trova una giustificazione nelle particolari condizioni edafiche del Bosco del Cerquone: la presenza del Pantano della Doganella determina infatti un'elevata umidità del suolo anche nel periodo estivo e questo permetterebbe un continuo approvvigionamento idrico all'apparato radicale piuttosto superficiale di *Q. robur*, meno adatto ad eludere l'aridità, ma adatto piuttosto ad eludere l'asfissia del suolo (Bernetti, 1995).

Diverso è invece il comportamento di *Q. cerris* in cui la conduttanza stomatica, relativamente alta in condizioni ottimali, subisce la più elevata riduzione in Agosto, causando un elevato decremento anche dei tassi fotosintetici. Questo rispecchia l'elevata esigenza di acqua di questa specie che tendenzialmente presenta l'ottimo edafico in suoli freschi e profondi e con alta disponibilità idrica (Damesin e Rambal, 1995; Timbal e Aussenac, 1996; Nardini e Tyree, 1999).

Da sottolineare inoltre come in condizioni non ottimali *Q. ilex* mostri una riduzione percentuale della conduttanza stomatica superiore rispetto a *Q. pubescens* e questo sembra indicare una maggiore capacità di risposta ad una ridotta disponibilità idrica di *Q. ilex* rispetto a *Q. pubescens*, che determina una più precoce chiusura degli stomi in accordo con Fotelli *et al.* (2000). Questi risultati confermano la capacità di *Q. ilex* di eludere l'aridità mediante una fine regolazione dell'apparato stomatico, conservando od utilizzando l'acqua in base alla disponibilità idrica (Lo Gullo e Salleo, 1988; Rambal 1992; Gratani *et al.* 2000; Bombelli e Gratani, 2003).

Per quanto riguarda l'efficienza di utilizzo dell'acqua, *Q. ilex* e *Q. pubescens* mostrano i valori più elevati (non significativamente diversi tra loro) rispetto alle altre specie sia in Giugno che in Agosto. I valori più bassi misurati in Agosto in *Q. robur*, *Q. cerris* e *C. betulus* confermano il comportamento mesofilo di queste tre

specie, caratterizzate da una scarsa capacità ad eludere l'aridità estiva (Bernetti, 1995; Timbal e Aussenac, 1996).

L'analisi delle relazioni idriche conferma le diverse esigenze delle specie esaminate. I risultati relativi al potenziale idrico misurato al predawn (Ψ_{pd}) in condizioni ottimali mettono in evidenza una buona capacità di recupero di tutte le specie, confermata dai valori del contenuto idrico relativo sempre al di sopra dell'87 % per tutte le specie considerate. In particolare i dati di potenziale idrico rilevati per *Q. ilex* e *Q. pubescens* (in media -0.52 ± 0.06 MPa) sono in accordo con quelli misurati da Damesin *et al.* (1998) e Bussotti *et al.* (2002). I valori di Ψ_{pd} misurati in *C. sativa* (-0.27 ± 0.16 MPa) nel Parco sono meno negativi rispetto a quelli rilevati da Salleo *et al.* (2002) e Gomes-Laranjo *et al.* (2004) a conferma delle caratteristiche chimico-fisiche del suolo e climatiche favorevoli per questa specie.

Per quanto riguarda il potenziale idrico misurato in Agosto, dai risultati emerge come *Q. robur*, *Q. cerris* e *Q. pubescens* siano le specie che raggiungono i valori più negativi, mostrando però una diversa capacità di recupero: *Q. pubescens* è infatti la specie con i valori meno negativi di Ψ_{pd} rispetto alle altre due querce caducifoglie, mentre *Q. cerris*, con i più bassi valori di Ψ_{pd} , evidenzia la minore capacità di recupero. Per quanto riguarda *Q. robur*, i valori sempre relativamente elevati del contenuto idrico relativo fogliare ed i valori del potenziale idrico meno negativi rispetto a quelli di *Q. cerris*, confermano le condizioni stazionali di sviluppo favorevoli in cui si trova, più consoni alle elevate esigenze di acqua; i valori di Ψ_{pd} risultano in accordo a Triboulot *et al.* (1995), e sono, invece, meno negativi di quelli riportati da Vivin *et al.* (1996) e Schnull e Thomas (2000), anche in questo caso giustificati dalle condizioni di sviluppo favorevoli nel Parco dei Castelli Romani.

Nel corso della presente ricerca sono stati inoltre analizzati e messi a confronto i tratti morfo-fisiologici di *C. sativa* in cedui di 5 anni (CG) e di 23 anni (CM) al fine di evidenziare eventuali effetti della gestione selvicolturale sulle caratteristiche fisiologiche di questa specie.

Dai risultati emergono significative differenze morfo-fisiologiche tra CG e CM, più evidenti durante l'ultimo periodo di attività vegetativa. I tassi fotosintetici

e la conduttanza stomatica sono in media rispettivamente 32 % e 50 % più bassi in CM rispetto a CG nel periodo da Agosto ad Ottobre, a causa della più alta riduzione della conduttanza stomatica (65 %) in CM.

I tassi fotosintetici relativamente elevati in CG sono mantenuti anche con valori bassi di potenziale idrico, che evidenzia una riduzione alla fine di Agosto più alta in CM rispetto a CG. Il contenuto idrico relativo fogliare segue l'andamento del potenziale idrico, riducendosi fino a 67 % a mezzogiorno in CM, significativamente più basso che in CG, sebbene la conduttanza stomatica sia più alta del 95 % in CG che in CM. Tali risultati suggeriscono come in CG *C. sativa* possa in parte recuperare la perdita di acqua, mantenendo un bilancio positivo fra perdita e guadagno di acqua, e quindi mantenendo valori di contenuto idrico relativo fogliare e fotosintesi netta più elevati. Tali risultati potrebbero essere dovuti alle riserve di carboidrati esistenti nelle ceppaie, all'effetto invigorente del taglio ed all'ampio apparato radicale immediatamente disponibile per i polloni, in accordo ai risultati di Kauppi e Kiviniitty (1990) e Rinne *et al.* (1994). Tali considerazioni potrebbero anche spiegare l'elevato numero di polloni emessi da ciascuna ceppaia immediatamente dopo il taglio ed il recupero estremamente rapido (pochi anni) della copertura fogliare.

Il recupero non completo del potenziale idrico in Settembre ed i tassi fotosintetici più bassi misurati in Ottobre sono dovuti alla senescenza, in accordo con i risultati di Gratani e Foti (1998) e Salleo *et al.* (2002) ed i valori più bassi dei tassi fotosintetici e potenziale idrico in CM rispetto a CG potrebbero indicare una senescenza più precoce nei cedui maturi, e quindi una peggiore capacità di utilizzo delle risorse, in accordo con i risultati di Deweirtdt e Carlier (1988).

L'analisi delle variazioni morfologiche fogliari in relazione all'età del ceduo ed in due differenti periodi dell'attività vegetativa riflette il trend dei tratti fisiologici ed i risultati ottenuti riflettono l'adattamento di *C. sativa* alle condizioni ambientali. Sebbene infatti in Luglio non vi siano differenze significative fra CM e CG, tuttavia le foglie mostrano in Ottobre un più alto peso secco, spessore, LMA e LTD in CG, espressione quindi di una più elevata capacità di resistenza durante i mesi più caldi (Castro-Díez *et al.*, 1998; Gratani e Bombelli, 1999; Gratani e

Varone, 2004). I più bassi valori di peso secco, spessore, LMA e LTD in CM confermano il precoce inizio della senescenza nei cedui maturi, in accordo con i risultati di Buchanan *et al.* (2000), Gratani e Varone (2004), e Ogaya e Peñuelas (2003).

In conclusione i risultati dell'analisi dei tratti morfologici, anatomici e fisiologici fogliari hanno evidenziato nel loro insieme uno stato funzionale ottimale per le specie arboree esaminate (*C. sativa*, *Q. robur*, *Q. cerris*, *Q. pubescens*, *Q. ilex*, *C. betulus*, *A. obtusatum* e *T. cordata*), comparabile a quello rilevato da altri studi in condizioni pedologiche e climatiche simili, e quindi una buona potenzialità di crescita e rigenerazione in tutta l'area del Parco dei Castelli Romani.

In particolare, i cedui di *C. sativa* mostrano tassi fotosintetici più elevati rispetto ai dati riportati in letteratura, valori ottimali di potenziale idrico, e una buona capacità di recupera della copertura fogliare, evidenziando l'elevata potenzialità produttiva di *C. sativa* nel territorio, dovuta a condizioni climatiche ed edafiche favorevoli per questa specie (Covone e Gratani, 2006).

Tali risultati costituiscono un inventario di dati utili per indirizzare al meglio gli interventi selvicolturali. Nonostante l'intenso sfruttamento dell'area, i cedui analizzati mostrano una grande capacità di recupero ed una capacità di ristabilire rapidamente una copertura fogliare uniforme. L'assenza di modelli di gestione, che caratterizza i boschi del territorio analizzato, potrebbe però portare a lungo andare al depauperamento delle formazioni boschive associato ad un aumento dell'aridità superficiale del suolo ed ad un'erosione dello stesso (Piussi, 1994), anche a causa dell'elevata pendenza della maggior parte del territorio analizzato, associata al carattere temporalesco del regime pluviometrico.

Si ritiene, infatti, che la ceduzione abbia determinato o per lo meno favorito la degradazione di numerosi boschi italiani. Per queste ragioni, negli ultimi anni è stato dato particolare risalto all'importanza di una gestione forestale sostenibile (Amorini *et al.*, 2000b; Obiri *et al.*, 2002; Marín *et al.*, 2005). In particolare si sottolinea l'esigenza di adottare modelli di gestione basati su uno sfruttamento meno intensivo del ceduo di castagno rispetto a quelli tradizionali (Cutini, 2000 e Amorini *et al.*, 2000b) e sull'allungamento dei turni di ceduzione con conseguente

aumento progressivo della biomassa e miglioramento della fertilità del suolo (Ranger *et al.*, 1990; Ranger e Nys, 1996).

Inoltre la migliore capacità di utilizzo delle risorse ed il LAI più alto in CG (4.14 ± 0.45) rispetto a CM (3.60 ± 0.27), sembrano indicare una più alta produttività in CG; uno stato di maggiore stress di *C. sativa* in CM potrebbe causare una più precoce senescenza, e quindi più bassi valori dei tassi fotosintetici e potenziale idrico (Covone e Gratani, 2006).

Tali risultati hanno messo in evidenza l'elevata eterogeneità del territorio analizzato ed i dati raccolti possono contribuire alla formazione di una banca dati (per il Parco sono collezionati solo pochi e sporadici dati).

In particolare dall'analisi dei dati emerge che le aree che andrebbero maggiormente tutelate sono il bosco del Cerquone, il Parco Chigi ed il bosco Ferentano. Quest'ultimo sembra essere quello più conservato, con un'elevato numero di specie ed una struttura del bosco in cui sono rappresentate tutte le classi di età. L'aspetto più maturo di bosco è presente nel Parco Chigi, sebbene sia assente il processo di rinnovamento a causa della presenza massiccia di cinghiali e daini.

I risultati di questa ricerca costituiscono un primo tentativo di raccogliere un inventario di dati utili per una oculata gestione dei boschi presenti nel Parco dei Castelli Romani. Un controllo maggiore e più lungimirante dei boschi residuali, ed in particolare di quegli aspetti a maggiore valenza ecologica, potrebbe portare ad un miglioramento della potenzialità delle cenosi presenti, valorizzando gli aspetti ecologici e paesaggistici del Parco.

BIBLIOGRAFIA

- Aasamaa K., Söber A., 2001. Hydraulic Conductance and Stomatal Sensitivity to Changes of Leaf Water Status in Six Deciduous Tree Species. *Biol. Plant.* 44: 65-73.
- Aber J.D., 1979. A method for estimated foliage-height profiles in broad-leaved forests. *J. Ecol.* 67: 35-40.
- Abril M., Hanano R., 1998. Ecophysiological responses of three evergreen woody Mediterranean species to water stress. *Acta Oecol.* 19: 377-387.
- Ackzell L., 1996. Regeneration results of planting in a self regenerating nature. In: Korpilahti E., Mikkela H., Salonen T. (eds), *Caring for the forest: Research in a Changing World. Congress Report, Volume II* pp. 229-233. Gummerus Printing, Jyväskylä.
- Alessio M., Allegri L., Bella F., Calderoni G., Cortesi C., Dal Pra G., De Rita D., Esu D., Follieri M., Improta S., Magri D., Narcisi B., Petroni V., Sadori L., 1986. C Dating, geochemical features, faunistic and pollen analyses of the uppermost 10m core from Valle di Castiglione (Rome, Italy). *Geologia Rom.* 25: 287-308, Roma.
- Amadori M., Tonelli V., 1993. Note illustrative della carta del paesaggio vegetale del Comprensorio dei Colli Albani e litorale. Regione Lazio, Assessorato alla Cultura, Centro per la documentazione dei beni culturali ed ambientali. Ufficio IV: documentazione in materia delle scienze della terra.
- Amorini E., Bruschini S., Manetti M.C., 2000a. Alternative silvicultural systems in chestnut (*Castanea sativa* Mill.) coppice: effects of silvicultural practices on stand structure and tree growth. *Ecol. Mediterr.* 26: 155-162.
- Amorini E., Chatziphilippidis G., Ciancio O., Di Castri F., Giudici F., Leonardi S., Manetti M.C., Nocentini S., Pividori M., Rapp M., Romane F., Sevrin E., Zingg A., 2000b. Sustainability of chestnut forest ecosystems: Is it possible?. *Ecol. Mediterr.* 26; 3-14.
- Andersson R., Östlund L., 2004. Spatial patterns, density changes and implications on biodiversity for old trees in the boreal landscape of northern Sweden. *Biological Conservation* 118: 443-453.

- Avena G.C., Fascetti S., Michetti L., 1987. Indagini sulla vegetazione dei versanti interni del cratere e carta fitosociologica. In: Valutazione della situazione ambientale del lago di Nemi. Università "La Sapienza", Roma e Provincia di Roma, Ass. Sanità e Ambiente: 95-104.
- Balaguer F., Martinez-Ferri E., Valladares F., Perez-Corona M.E., Castillo F.J., Manrique E., 2001. Population divergence in the plasticity of the response of *Quercus coccifera* to light environment. *Funct. Ecol.* 15 : 124-135.
- Barbero M., Loisel R., Quézel P., 1992. Biogeography, ecology and history of Mediterranean *Quercus ilex* ecosystems. *Vegetatio* 99-100: 19-34.
- Barkman J.J., 1988. A new method to determine some characters of vegetation structure. *Vegetatio* 78: 81-90.
- Bassani P. 1980. Un parco naturale regionale nei castelli romani. Copsit, Velletri.
- Bassani P., Cantiani G.P., 1997. L'ambiente naturale del Vulcano Laziale. Ed. XI Comunità Montana del Lazio "Castelli Romani e Prenestini", Rocca Priora (RM).
- Beese W.J., Bryant A.A.. 1999. Effect of alternative silvicultural systems on vegetation and bird communities in coastal montane forests of British Columbia, Canada. *For. Ecol. Manage.* 115: 231-242.
- Bernetti G., 1995. *Selvicoltura speciale*, UTET, Torino.
- Blasi C., 1994. Fitoclimatologia del Lazio. *Fitosociologia* 27: 1-56.
- Bombelli A., Gratani L., 2003. Interspecific differences of leaf gas exchange and water relations of three evergreen Mediterranean shrub species. *Photosynthetica* 41: 619-625.
- Bréda N., Cochard H., Dreyer E., Granier A., 1993. Field comparison of transpiration, stomatal conductance and vulnerability to cavitation of *Quercus petraea* and *Quercus robur* under water stress. *Ann. Sci. For.* 50: 571-582.
- Brenner A.J., Cueto Romero M., García Haro J., Gilabert M.A., Incoll L.D., Martínez Fernández J., Porter E., Pugnaire F.I., Younis M.T., 1995. A comparison of direct and indirect methods for measuring leaf and surface area of individual bushes. *Plant Cell Environ.* 18: 1332-1340.

- Brown M.J., Parker G.G. 1994. Canopy light transmittance in a chronosequence of mixed-species deciduous forests. *Can. J. For. Res.* 24:1694-1703.
- Brown L., Chen J.M., Leblanc S.G., Cihlar J., 2000. A Shortwave Infrared Modification to the Simple Ratio for LAI Retrieval in Boreal Forests: An Image and Model Analysis. *Rem. Sens. Env.* 71:16-25.
- Buchanan B.B., Gruissem W., Jones R.L., 2000. *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*, American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD.
- Bussotti F., Bettini D., Grossoni P., Mansuino S., Nibbi R., Soda C., Tani C., 2002. Structural and functional traits of *Quercus ilex* in response to water availability. *Environmental and Experimental Botany* 47: 11-23.
- Castro-Díez P., Villar-Salvador P., Pérez-Rontomé C., Maestro-Martínez M., Montserrat-Martí G., 1998. Leaf morphology, leaf chemical composition and stem xylem characteristics in two *Pistacia (Anacardiaceae)* species along a climatic gradient. *Flora* 193: 195-202.
- Ceulemans R., Saugier B., 1991. Photosynthesis. In: Raghavendra A.S. (ed.), *Physiology of Trees*, John Wiley and Sons, New York, pp. 21-50.
- Chabot B.F., Chabot J.F., 1977. Effects of light and temperature on leaf anatomy and photosynthesis in *Fragaria vesca*. *Oecologia* 26: 363-377.
- Chason J.W., Baldocchi D.D., Huston M.A., 1991. A comparison of direct and indirect methods for estimating forest canopy leaf area. *Agric. For. Meteorol.* 57: 107-128.
- Cheung Y.N.S., Tyree M.T., Dainty J., 1975. Water relations parameters on single leaves obtained in a pressure bomb and some ecological interpretations. *Can. J. Bot.* 53: 1342-1346.
- Cochard H., Forestier S., Améglio T., 2001. A new validation of the Scholander pressure chamber technique based on stem diameter variations. *J. Exp. Bot.* 52: 1361-1365.
- Corcuera L., Camarero J.J., Gil-Pelegrín E. 2002. Functional groups in *Quercus* species derived from the analysis of pressure-volume curves. *Trees* 16: 465-472.

- Covone F., Gratani L. 2006. Age-related physiological and structural traits of chestnut coppices at the Castelli Romani Park (Italy). *Ann. For. Sci.* 3: in stampa.
- Crescente M.F., Gratani L., Larcher W., 2002. Shoot growth efficiency and production of *Quercus ilex* L. in different climates. *Flora* 197: 2-9.
- Cutini A., 2000. Biomass, litterfall and productivity in chestnut coppices of various age at Monte Amiata (Central Italy). *Ecol. Mediterr.* 26: 33-41.
- Cutini A., Matteucci G., Mugnozsa G.S., 1998. Estimation of leaf area index with the Li-Cor LAI 2000 in deciduous forests. *For. Ecol. Manage.* 105: 55-65.
- Cutini A., 2001. New management options in chestnut coppices: an evaluation on ecological bases. *For. Ecol. Manage.* 141: 165-174.
- Cutini A., 2002. Litterfall and Leaf Area Index in the CONECOFOR Permanent Monitoring Plots. *J. Limnol.* 61: 62-68.
- Damesin C., Rambal S., 1995. Field study of leaf photosynthetic performance by a Mediterranean deciduous oak tree (*Quercus pubescens*) during a severe summer drought. *New Phytol.* 131: 159-167.
- Damesin C., Rambal S., Joffre R., 1998. Co-occurrence of trees with different leaf habit: a functional approach on Mediterranean oaks. *Acta Oecol.* 19: 195-204.
- Deblonde G., Penner M., Royer. A., 1994. Measuring leaf area index with the LICOR LAI-2000 in pine stands. *Ecology* 75:1507-1511.
- del Río M., Montes F., Cañellas I., Montero G., 2003. Diversidad estructural en masas forestales. *Invest. Agrar. Sist. y Recur. For.* 12: 159-176.
- Detling J.K., 1979. Processes Controlling Blue Grama Production on the Shortgrass Prairie. In: Norman French (ed.), *Ecological studies* 32, New York, Heidelberg, Berlin. pp.25-39.
- Deweirdt C., Carlier C., 1988. Photosynthèse des feuilles de Châtaigniers (*Castanea sativa* Mill.) mesurée in situ dans des taillis par incorporation de $^{14}\text{CO}_2$. *Acta Oecol.* 9: 145-160.
- Dreyer E., Granier A., Bréda N., Cochard H., Epron D., Aussenac G., 1993. Oak trees under drought constraints: ecophysiological aspects. In: Recent advances in oak decline studies.

- Duhme F., Hinckley T.M., 1992. Daily and seasonal variation in water relations of macchia shrubs and trees in France (Montpellier) and Turkey (Antalya). *Vegetatio* 99-100: 185-198.
- Edeso J.M., Merino A., González M.J., Marauri P., 1999. Soil erosion under different harvesting managements in steep forestlands from northern Spain. *Land Degrad. Develop.* 10: 79-88.
- Epron D., Dreyer E., 1993. Compared effects of drought on photosynthesis of adult oak trees (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl. and *Quercus robur* L.) in a natural stand. *New Phytologist* 124: 381-389.
- Fascetti S., Amadori M., Tonelli V., 1996. I boschi mesofili del Vulcano Laziale (Italia centrale). *Ann. botanica* VOL. LIV
- Ferrantini, A., 1942. I limiti altimetrici della vegetazione nel Vulcano Laziale. *Riv. Geogr. It.* 49: 1-19.
- Ferris-Kaan R., Peace A.J., Humphrey J.W., 1998. Assessing structural diversity in managed forests. In: Bachmann P., Kohl M., Paivinen R. (ed.), *Assessment of Biodiversity for Improved Forest Planning*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 331-342.
- Flexas J., Escalona J.M., Medrano H., 1999. Water stress induces different levels of photosynthesis and electron transport rate regulation in grapevines. *Plant Cell Environ.* 22: 39-48.
- Follieri M., Magri D., Sadori L., 1988. 250000 year pollen from Valle di Castiglione (Roma). *Pollen and spores.* 30: 329-356.
- Fotelli M.N., Radoglou K.M., Constantinidou H.I.A. 2000. Water stress responses of seedlings of four Mediterranean oak species. *Tree Physiology* 20: 1065-1075.
- Franklin J.F., Spies T.A., Van Pelt R., Carey A.B., Thornburgh D.A., Rae Berg D., 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. *For. Ecol. Manage.* 155: 399-423.

- Gallardo J.F., Rico M., Gonzalez M.I., 2000. Some ecological aspects of a chestnut coppice located at the Sierra de Gata mountains (Western Spain) and its relationship with a sustainable management. *Ecol. Mediterr.* 26: 53-69.
- Garnier E., Laurent G., Bellmann A., Debain S., Berthelie P., Ducout B., Roumet C., Navas M.L., 2001. Consistency of species ranking based on functional leaf traits. *New Phytol.* 152: 69-83.
- Geber M.A., Griffen L.R., 2003. Inheritance and natural selection on functional traits. *Int. J. Plant Sci.* 164: 21-42.
- Gholz H.L., Grier C.C., Campbell A.G., Brown A.T., 1979. Equation for estimating biomass and leaf area of plants in the Pacific Northwest. *Oreg. State Univ. For. Res. Lab. Res. Pap.*, 41.
- Gomes-Laranjo J., Araújo-Alves J., Ferreira-Cardoso J., Pimentel-Pereira M., Abreu C.G., Torres-Pereira J., 2004. Effect of Chestnut ink disease on photosynthetic performance. *J. Phytopathology* 152: 138-144.
- Gondard H., Romane F., Grandjanny M., Li J., Aronson J., 2001. Plant species diversity changes in abandoned chestnut (*Castanea sativa*) groves in southern France. *Biodivers. Conserv.* 10: 189-207.
- Gower S.T., Norman J.M. 1991. Rapid estimation of leaf area index in conifer and broad-leaf plantations. *Ecology* 72: 1896-1900.
- Gratani L, Crescente M.F. 2000. Map-makings of plant biomass and leaf area index for management of protected areas. *Aliso* 19:1-11.
- Gratani L, Foti I., 1998. Estimating forest structure and shade tolerance of the species in a mixed deciduous broad-leaved forest in Abruzzo, Italy. *Ann. Bot. Fenn.* 35:75-83.
- Gratani L., 1997. Canopy structure, vertical radiation profile and photosynthetic function in a *Quercus ilex* evergreen forest. *Photosynthetica* 33: 139-149.
- Gratani L., Bombelli A., 1999. Leaf anatomy, inclination, and gas exchange relationships in evergreen sclerophyllous and drought semideciduous shrub species. *Photosynthetica* 37: 573-585.
- Gratani L., Bombelli A., 2001. Differences in leaf traits among Mediterranean broadleaved evergreen shrubs. *Ann. Bot. Fenn.* 38: 15-24.

- Gratani L., Ghia E., 2002. Adaptive strategy at the leaf level of *Arbutus unedo* L. to cope with Mediterranean climate. *Flora* 197: 275-284.
- Gratani L., Varone L., 2004. Leaf key traits of *Erica arborea* L., *Erica multiflora* L. and *Rosmarinus officinalis* L. co-occurring in the Mediterranean maquis. *Flora* 199: 58-69.
- Gratani L., Bombelli A., Crescente M.F., 2003. Leaf area index (LAI) map of a protected area within the caldera of Vico Lake (Italy), *Plant Biosyst.* 137: 141-148.
- Gratani L., Pesoli P., Crescente M.F., Aichner K., Larcher W., 2000. Photosynthesis as a temperature indicator in *Quercus ilex* L. *Global and Planetary Change* 24: 153-163.
- Gratani L., Rossi A., Crescente M.F., Frattaroli A.R., 1999. Ecologia dei pascoli di Campo Imperatore (Gran Sasso d'Italia) e carta della biomassa vegetale. *Braun-Blanquetia* 16: 227-247.
- Groom P.K., Lamont B.B., 1999. Which common indices of sclerophylly best reflect differences in leaf structure? *Écosci.* 6: 471-474.
- Grubb P.J., 2002. Leaf form and function – toward a radical new approach. *New Phytol.* 155: 317-320.
- Guarrera M.P., 1996. Boschi e cespuglieti dei Colli Albani (o Castelli Romani). In: A.A.V.V. Ambienti particolare interesse naturalistico del Lazio. Censimento del patrimonio vegetale del Lazio: quaderno n. 2 pag. 241-244. Regione Lazio Assessorato alla cultura, Dipartimento Biologia Vegetale Università “La Sapienza”, Roma.
- Gunn S., Farrar J.F., 1999. Effect of a 4°C increase in temperature on partitioning of leaf area and dry mass, root respiration and carbohydrates. *Funct. Ecol.* 13: 12-20.
- Harley P.C., 1995. Modeling leaf level effects of elevated CO₂ on Mediterranean sclerophylls. In: Moreno J.M., Oechel C. (eds.), *Global Change and Mediterranean-Type Ecosystems. Ecological Studies*, 117. Springer, New York: 35-57.

- Hitimana J., Kiyiapi J.L., Njunge J.T., 2004. Forest structure characteristics in disturbed and undisturbed sites of Mt. Elgon Moist Lower Montane Forest, western Kenya. *For. Ecol. Manage.* 194: 269-291.
- Hoff C, Rambal S., 2003. An examination of the interaction between climate, soil and leaf area index in a *Quercus ilex* ecosystem. *Ann. For. Sci.* 60: 153-161.
- Ishii H.T., Tanabe S., Hiura T., 2004. Exploring the relationships among canopy structure, stand productivity, and biodiversity of temperate forest ecosystems. *Forest Science* 50: 342-355.
- Itaya A., Miura M., Yamamoto S.-I. 2004. Canopy height changes of an old-growth evergreen broad-leaved forest analyzed with digital elevation models. *For. Ecol. Manage.* 194: 403-411.
- Karabourniotis G., 1998. Light-guiding function of foliar sclereids in the evergreen sclerophyll *Phillyrea latifolia*: a quantitative approach. *J. Exp. Bot.* 49: 739-746.
- Kaufmann M.R., Troendle C.A., 1981. The relationship of leaf area and foliage biomass to sapwood conducting area in four subalpine forest trees species. *Forest Sci.* 27: 477-482
- Kauppi A., Kiviniitty M., 1990. Leaf morphology and photosynthetic rate in birch seedlings and stump sprouts, *Can. J. For. Res.* 20: 952-960.
- Kitajima K., Mulkey S.S., Samaniego M., Wright S.J., 2002. Decline of photosynthetic capacity with leaf age and position in two tropical pioneer tree species. *Am. J. Bot.* 89: 1925-1932.
- Knight C.A., Ackerly D.D., 2003. Evolution and plasticity of photosynthetic thermal tolerance, specific leaf area and leaf size: congeneric species from desert and coastal environments. *New Phytol.* 160: 337-347.
- Koike F., Syahbuddin, 1993. Canopy structure of a tropical rain forest and the nature of an unstratified upper layer. *Funct. Ecol.* 7: 230-235.
- Kräuchi N., Xu D., 1996. Climate change effects on forests. In: Korpilahti E., Mikkela H., Salonen T. (eds), *Caring for the forest: Research in a Changing World. Congress Report, Volume II.* Gummerus Printing, Jyväskylä, pp. 229-233.

- Larcher W., 2003. *Physiological Plant Ecology*. 4th edition. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Larsen J.B., 1995. Ecological stability of forest and sustainable silviculture, *For. Ecol. Manage.* 73: 85-96.
- Lemenih M., Gidyew T., Teketay D., 2004. Effects of canopy cover and understory environment of tree plantations on richness, density and size of colonizing woody species in southern Ethiopia. *For. Ecol. Manage.* 194: 1-10.
- Leonardi S., Santa Regina I., Rapp M., Gallego H.A., Rico M., 1996. Biomass, litterfall and nutrient content in *Castanea sativa* coppice stands of southern Europe. *Ann. For. Sci.* 53: 1071-1081.
- Lindenmayer D.B., McCarthy M.A. 2002. Congruence between natural and human forest disturbance: a case study from Australian montane ash forests. *For. Ecol. Manage.* 155: 319-335.
- Lo Gullo M.A., Salleo S., 1988. Different strategies of drought resistance in three Mediterranean sclerophyllous trees growing in the same environmental conditions. *New Phytol.* 108: 267-276.
- Lusk C.H., Wright I., Reich P.B., 2003. Photosynthetic differences contribute to competitive advantage of evergreen angiosperm trees over evergreen conifers in productive habitats. *New Phytol.* 160: 329-336.
- Maltamo M., Kangas A., Uuttera J., Torniainen T., Saramäki J., 2000. Comparison of percentile based prediction methods and the Weibull distribution in describing the diameter distribution of heterogeneous Scots pine stands. *For. Ecol. Manage.* 133: 263-274.
- Marín G.C., Nygard R., Rivas B.G., Oden P.C. 2005. Stand dynamics and basal area change in a tropical dry forest reserve in Nicaragua. *For. Ecol. Manage.* 208 : 63-75.
- Menalled F.D., Kelty M., 2001. Crown structure and biomass allocation strategies of three juvenile tropical tree species. *Plant Ecol.* 152: 1-11.
- Miller P.C., Hajek E., Poole D.K., Roberts S.W., 1981. Microclimate and energy exchange. In: Miller P.C. (ed.), *Resource Use by Chaparral and Matorral*. A

Comparison of Vegetation Function in Two Mediterranean Type Ecosystems. Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin, pp: 97-121.

- Monsi M., Uchijima Z., Oikawa, T. 1973. Structure of foliage canopy and photosynthesis. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 4: 301-327.
- Montelucci G., 1964. Cenni geobotanici sui M.ti Albani. *Gior. Bot. It.* 71: 577-583.
- Montes F., Sánchez M., del Río M., Cañellas I., 2005. Using historic management records to characterize the effects of management on the structural diversity of forests. *For. Ecol. Manage.* 207 : 279-293.
- Mousseau M., 1993. Effects of elevated CO₂ on growth, photosynthesis and respiration of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *Vegetatio* 104/105: 413-419.
- Nardini A, Tyree M.T., 1999. Root and shoot hydraulic conductance of seven *Quercus* species. *Ann. For. Sci.* 56: 371-377.
- Nardini A., Lo Gullo M.A., Salleo S. 1999. Competitive strategies for water availability in two Mediterranean *Quercus* species. *Plant Cell Environ.* 22: 109-116.
- Nevo E., Bolshakova M.A., Martyn G.I., Musatenko L.I., Sytnik K.M., Pavlíček T., Beharav A., 2000. Drought and light anatomical adaptive leaf strategies in three woody species caused by microclimatic selection at “Evolution Canyon”, Israel. *Israel J. Plant Sci.* 48: 33-46.
- Newbould P.J., 1967. Methods for estimating the primary production of forest. I.B.P.Hand.2, Blackwell, Oxford.
- Obiri J., Lawes M., Mukolwe M., 2002. The dynamics and sustainable use of high-value tree species of the coastal Pondoland forest of Eastern Cape Province South Africa. *For. Ecol. Manage.* 166 : 131-148.
- Ogaya R., Peñuelas J., 2003. Comparative seasonal gas exchange and chlorophyll fluorescence of two dominant woody species in a Holm Oak forest, *Flora* 198: 132-141.
- Oliver C.D., Larson B.C., 1990. *Forest Stand Dynamics*. McGraw-Hill, New York.

- Osservatorio Nazionale Pedologico del Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali, 1994. Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo. Roma.
- Parkhurst D.F., Wong S.C., Farquhar G.D., Cowan I.R., 1988. Gradients of intercellular CO₂ levels across the leaf mesophyll. *Plant Physiol.* 86: 1032-1037.
- Parton W.J., Haxeltine A., Thornton P., Hartman M., 1996. Ecosystem sensitivity to land-surface models and leaf area index. *Global Planetary Change* 13: 89-98.
- Patterson M.C., Samuelson L., Somers G., Mays A., 2000. Environmental control of stomatal conductance in forest trees of the Great Smoky Mountains National Park. *Environ. Pollut.* 110: 225-233.
- Peñuelas J., Filella I., Lloret F., Piñol J., Siscart D., 2000. Effects of severe drought on water and nitrogen use by *Quercus ilex* and *Phillyrea latifolia*. *Biol. Plant.* 43: 47-53.
- Perry D.A., Amaranthus M.P., 1997. Disturbance, recovery, and stability. In: Kohm K.A., Franklin J.F. (eds.), *Creating a forestry for the 21st century: the science of ecosystem management*. Island Press, Washington, D.C, pp. 31-56.
- Perimetrazione e piano d'assetto del Parco Regionale dei Castelli Romani, 1983.
- Piano di assestamento del bosco del Comune di Rocca di Papa, 2001-2010.
- Piccoli D., Borelli S., 1988. Introduzione agli studi fitometrici sulla cerreta di Roccarespampani (VT). *Informatore botanico Italiano* 20: 810-815.
- Pigott C.D., Pigott S., 1993. Water as a determinant of the distribution of trees at the boundary of the Mediterranean zone. *J. Ecol.* 81: 557-566.
- Piussi P., 1994. *Selvicoltura generale*. Ed. UTET, Firenze.
- Pontailleur J.Y., Leroux M., Saugier B., 1984. Évolution d'un taillis de châtaigniers après coupe: photosynthèse et croissance des rejets. *Acta Oecol.* 5: 89-99.
- Proietti P., Palliotti A., Famiani F., Antognozzi E., Ferranti., Andreutti R., Frenguelli G., 2000. Influence of leaf position, fruit and light availability on photosynthesis of two chestnut genotypes. *Sci. Hort.* 85: 63-73.

- Providoli I., Elsenbeer H., Conedera M., 2002. Post-fire management and splash erosion in a chestnut coppice in southern Switzerland. *For. Ecol. Manage.* 162: 219-229.
- Rambal S., 1992. *Quercus ilex* facing water stress: a functional equilibrium hypothesis. *Vegetatio* 99-100: 147-153.
- Rambal S., Damesin C., Joffre R., Methy M., Lo Seen D., 1996. Optimization of carbon gain in canopies of Mediterranean evergreen oaks. *Ann. Sci.* 53: 547-560.
- Ranger J., Nys C., 1996. Biomass and nutrient content of extensively and intensively managed coppice stands. *Forestry* 69: 83-102.
- Ranger J., Felix C., Bouchon J., Nys C., Ravart M., 1990. Dynamique d'incorporation du carbone et des elements nutritifs dans un taillis simple de chataigner (*Castanea sativa* Miller). *Ann. Sci. For.* 47:413-433.
- Regiosa, M.J., 2001. *Handbook of Plant Ecophysiology*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Nederland.
- Reich P.B., Kloeppel B.D., Ellsworth D.S, Walters M.B., 1995. Different photosynthesis-nitrogen relations in deciduous hardwood and evergreen coniferous tree species. *Oecologia* 104: 24-30.
- Rinne P., Saarelainen A., Junttila O., 1994. Growth cessation and bud dormancy in relation to ABA level in seedlings and coppice shoots of *Betula pubescens* as affected by a short photoperiod, water stress and chilling. *Physiol. Plant.* 90: 451-458.
- Rouvinen S., Kuuluvainen T., 2005. Tree diameter distributions in natural and managed old *Pinus sylvestris*-dominated forests. *For. Ecol. Manage.* 208: 45-61.
- Rubio A., Escudero A., 2003. Clear-cut effects on chestnut forest soils under stressful conditions: lengthening of time-rotation. *For. Ecol. Manage.* 183: 195-204.
- Salleo S., 1995. *Ecologia dell'acqua*. In Pignatti S. (ed.), *Ecologia Vegetale*. UTET, Torino: 137-162.

- Salleo S., Nardini A., 2000. Sclerophylly: evolutionary advantage or mere epiphenomenon? *Plant Biosystems* 134: 247-259.
- Salleo S., Nardini A., Lo Gullo M.A., Ghirardelli L.A., 2002. Change in stem and leaf hydraulics preceding leaf shedding in *Castanea sativa* L. *Biologia Plantarum* 45: 227-234.
- Sánchez-Blanco M.J., Rodríguez P., Morales M.A., Ortuño M.F., Torrecillas A., 2002. Comparative growth and water relations of *Cistus albidus* and *Cistus monspeliensis* plants during water deficit conditions and recovery. *Plant Sci.* 162: 107-113.
- Santa Regina I., 2000. Organic matter distribution and nutrient fluxes within a sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) stand of the Sierra de Gata, Spain. *Ann. For. Sci.* 57: 691-700.
- Schirone B., Mugnozza Scarascia G., Valentini R., 1985. Osservazioni preliminari sull'indice di area fogliare di *Quercus cerris* L. *Monti e boschi Anno XXXVI* (5): 47-50.
- Schirone B., Ragno D., 1988. Considerazioni sullo sviluppo di un soprassuolo ceduo di cerro basate sullo studio delle chiome. *Ann. Acc. Ital. Sci. For.* 37: 365-389.
- Schumull M., Thomas M.T., 2000. Morphological and physiological reactions of young deciduous trees (*Quercus robur* L., *Q. petraea* [Matt. Liebl.], *Fagus sylvatica* L.) to waterlogging. *Plant and soil* 225: 227-242.
- Scholander P.F., Hammel H.T., Bradstreet E.D., Hemmingsen E.A., 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science* 148: 339-346.
- Scholander P.F., Hammel H.T., Hemmingsen E.A., Bradstreet E.D., 1964. Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some others plants. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 52: 119-125.
- Scurlock J.M.O., Asner G.P., Gower S.T., 2001. Worldwide historical estimates of leaf area index, 1932-2000. ORNL Technical Memorandum ORNL/TM-2001/268. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn.

- Shao G., Shugart H.H., Smith T.M., 1995. A role-type model (rope) and its application in assessing climate change impacts on forest landscapes. *Vegetatio* 121: 135–146.
- Stenberg P., Linder S., Smolander H., Flower-Ellis J. 1994. Performance of the LAI-2000 plant canopy analyzer in estimating leaf area index of some Scots pine stands. *Tree Physiol.* 14: 981-995.
- Swanson F.J., Franklin J.F., 1992. New forestry principles from ecosystem analysis of Pacific Northwest forest. *Ecol. Appl.* 2: 262-274.
- Taiz L., Zeiger E., 1996. *Fisiologia Vegetale*. Piccin, Padova.
- Takahashi K., Mitsuishi D., Uemura S., Suzuki J.I., Hara T., 2003. Stand structure and dynamics during a 16-year period in a sub-boreal conifer-hardwood mixed forest, northern Japan. *For. Ecol. Manage.* 174: 39-50.
- Timbal J., Aussenac G. 1996. An overview of ecology and silviculture of indigenous oaks in France. *Ann. Sci. For.* 53: 649-661.
- Tindall J.R., Gerrath J.A., Melzer M., McKendry K., Husband B.C., Boland G.J., 2004. Ecological status of American chestnut (*Castanea dentata*) in its native range in Canada. *Can. J. For. Res.* 34: 2554-2563.
- Tretiach M., 1993. Photosynthesis and transpiration of evergreen Mediterranean and deciduous trees in an ecotone during a growing season. *Acta Oecol.* 14: 341-360.
- Triboulot M.B., Fauveau M.L., Breda N., Label P., Dreyer E., 1995. Stomatal conductance and xylem-sap abscisic acid (ABA) in adult oak trees during a gradually imposed drought. *Annales des Sciences Forestieres* 53: 207-220.
- Tyree M.T., Hammel H.T., 1972. The measurement of the turgor pressure and the water relations of plants by the pressure-bomb technique. *J. Exp. Bot.* 23: 267-282.
- Valentini R., Epron D., De Angelis P., Matteucci G., Dreyer E., 1995. In situ estimation of net CO₂ assimilation, photosynthetic electron flow and photorespiration in Turkey oak (*Q. cerris* L.) leaves: diurnal cycles under different levels of water supply. *Plant Cell Environ.* 18: 631-640.

- Valladares F., Balaguer L., Martinez-Ferri E., Perez-Corona E., Manrique E., 2002. Plasticity, instability and canalization: is the phenotypic variation in seedlings of sclerophyll oaks consistent with the environmental unpredictability of Mediterranean ecosystems? *New Phytol.* 156: 457-467.
- Varoli Piazza S., 1999. Parco e Palazzo Chigi restauro e valorizzazione. Ed. De Luca, Roma.
- Vivin P., Guehl J.M., Clement M., Aussenac G., 1996. The effects of elevated CO₂ exchange, carbon allocation and osmoregulation in oak seedlings. *Ann. Sci. For.* 53: 447-459.
- Walkley A., 1946. A critical examination of a rapid method of determining organic carbon in soil-effect of variations in digestion conditions and of inorganic constituents. *Soil Sci.* 63: 251-263.
- Waring R.H., Schroeder P.E., Oren R., 1982. Application of the pipe model theory to predict canopy leaf area. *Can. J. For. Res.* 12: 556-560.
- Weiner J., 1990. Asymmetric competition in plant populations. *Trends Ecol. Evol.* 5: 360-364.
- Welles J.M., Cohen S., 1996. Canopy structure measurement by gap fraction analysis using commercial instrumentation. *J. Exp. Bot.* 47: 1335-1342.
- White et al., 2000. Measuring fractional cover and leaf area index in arid ecosystems: digital camera, radiation transmittance, and laser altimetry methods. *Remote Sens. Environ.* 74: 45-57.
- William C.D., 2000. *Integrative Plant Anatomy*. Academic Press, San Diego.
- Williams K., Field C.B., Mooney H.A., 1989. Relationship among leaf construction cost, leaf longevity and light environment in rain-forest plants of the genus *Piper*. *Am. Nat.* 133: 198-211.
- Wilson P.J., Thompson K., Hodgson J.G., 1999. Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. *New Phytol.* 143: 155-162.
- Wright I.J., Reich P.B., Westoby M., 2001. Strategy-shifts in leaf physiology, structure and nutrient content between species of high and low rainfall, and high and low nutrient habitats. *Funct. Ecol.* 15: 423-434.

- Wright I.J., Westoby M., 2002. Leaves at low versus high rainfall: coordination of structure, lifespan and physiology. *New Phytol.* 155: 403-416.
- Yamamura Y., Ishida A., Hori Y., 1993. Differences in sapling architecture between *Fagus crenata* and *Fagus japonica*. *Ecol. Res.* 8: 235-239.
- Zenner E.K., 2000. Do residual trees increase structural heterogeneity in Pacific Northwest coniferous forests? *Ecological Applications* 10: 800-810.

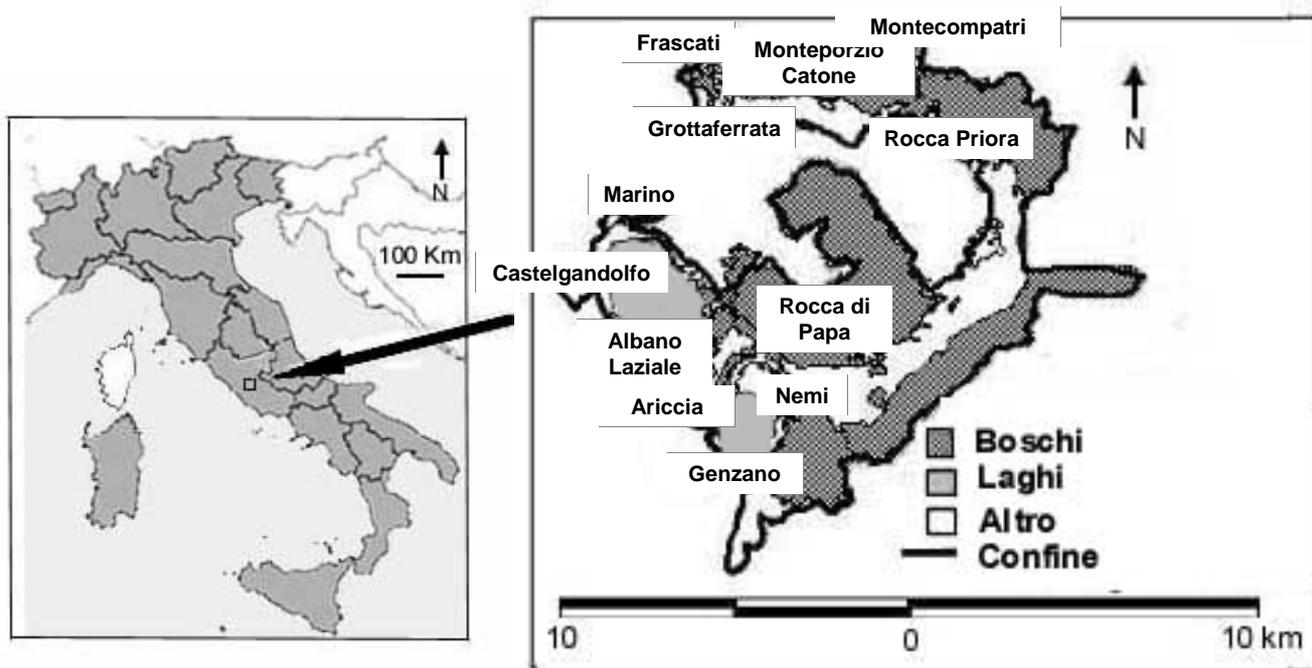


Fig. 1. Localizzazione dell'area di studio e limiti del Parco Regionale dei Castelli Romani.

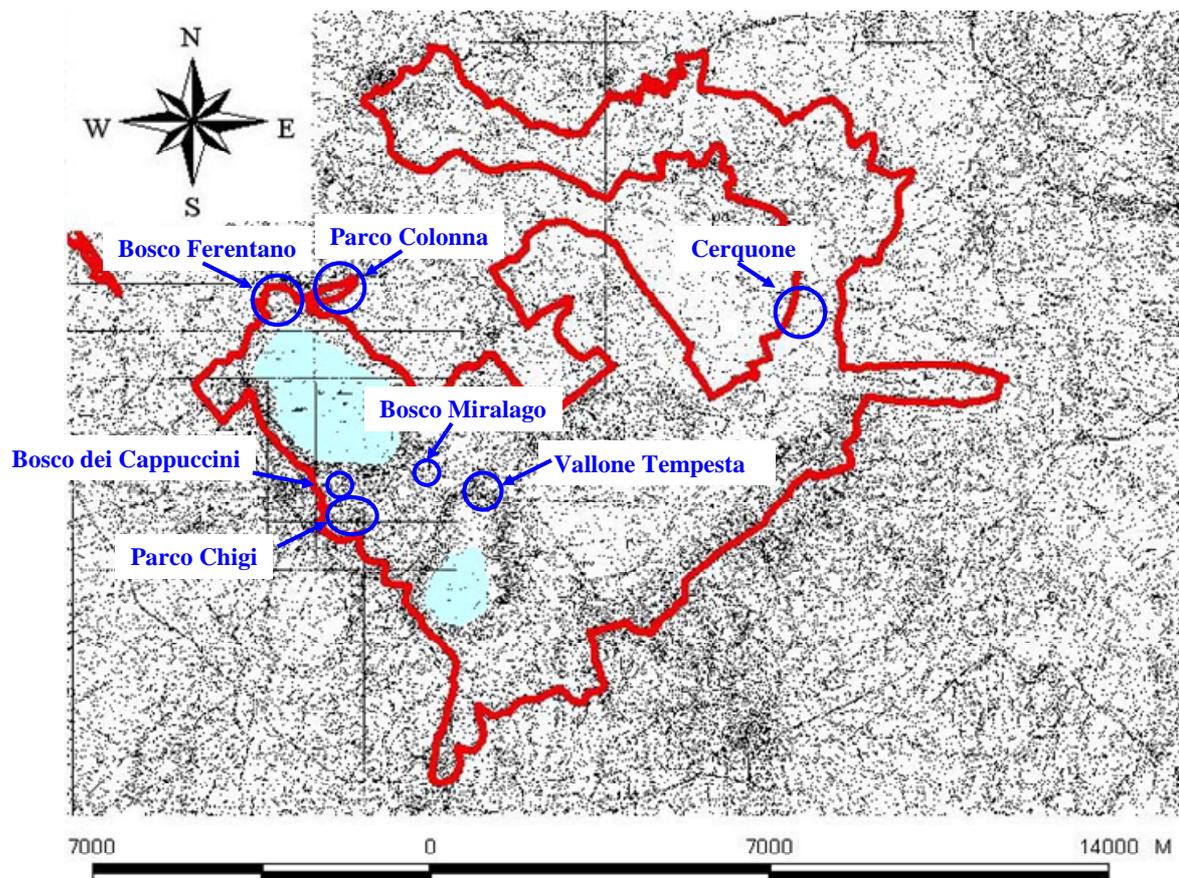


Fig. 2. Localizzazione dei boschi residui del Parco Regionale dei Castelli Romani. Istituto Geografico Militare, fogli 1:25000 modificati.

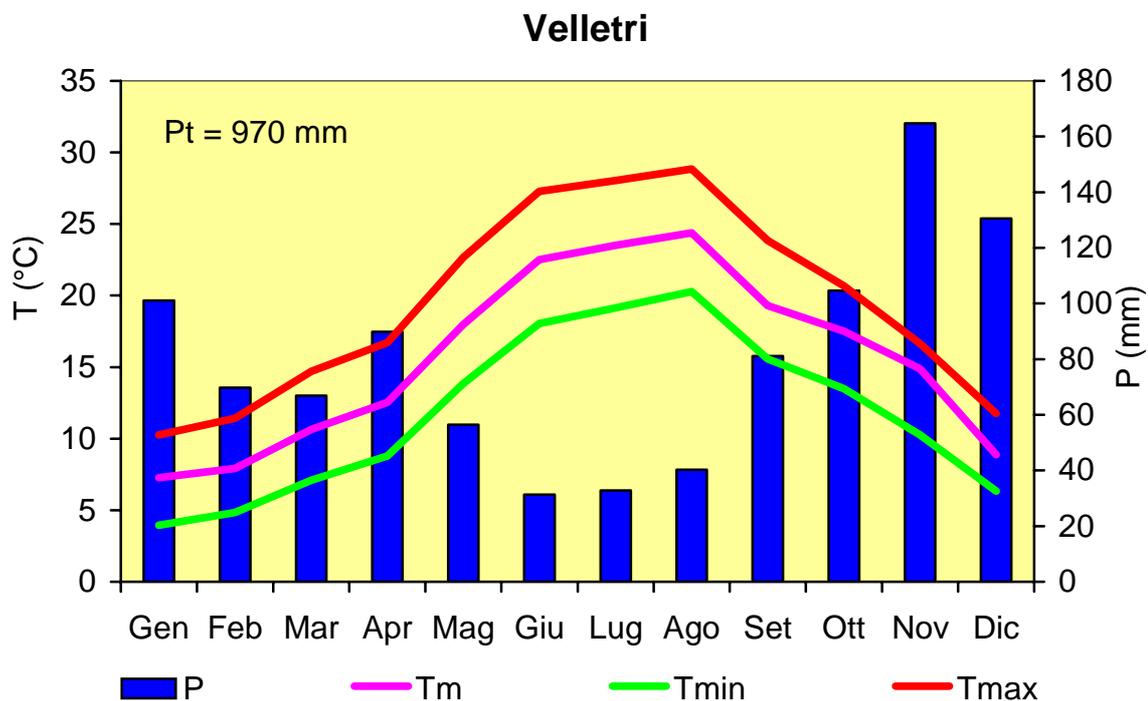
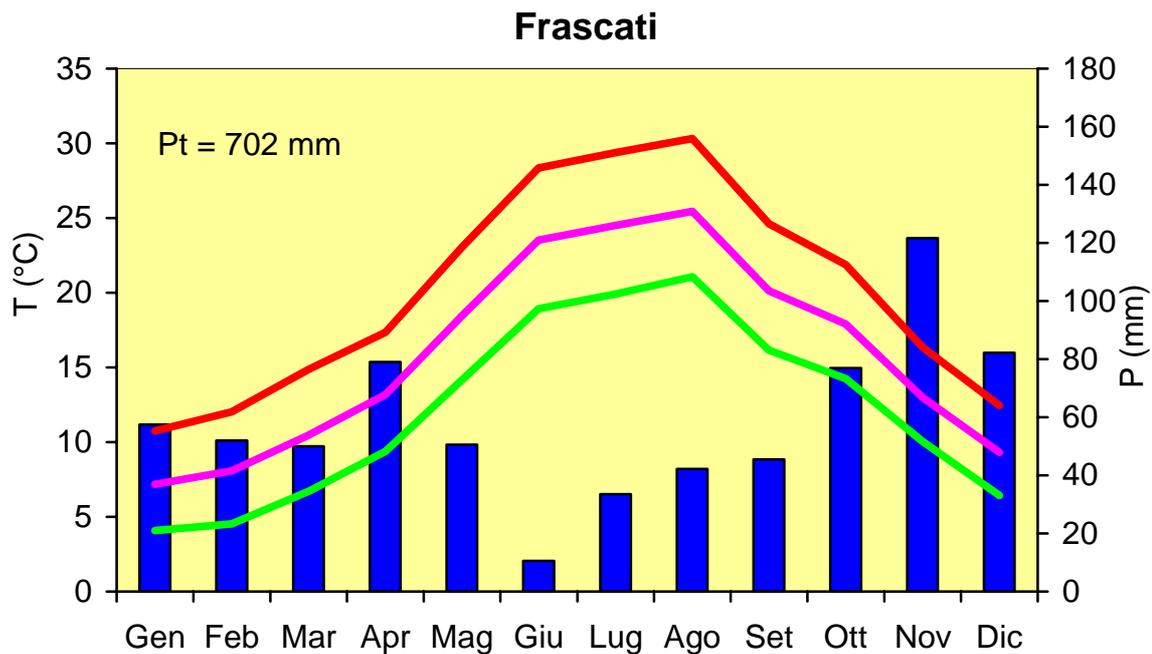


Fig. 3. Andamento mensile della temperatura dell'aria e della piovosità rilevati dalle Stazioni Meteorologiche di Frascati e Velletri, per il periodo 2000-2004. P = precipitazioni totali mensili, Tm = temperatura media, Tmin = temperatura media minima, Tmax = temperatura media massima, Pt = precipitazione totale annua.

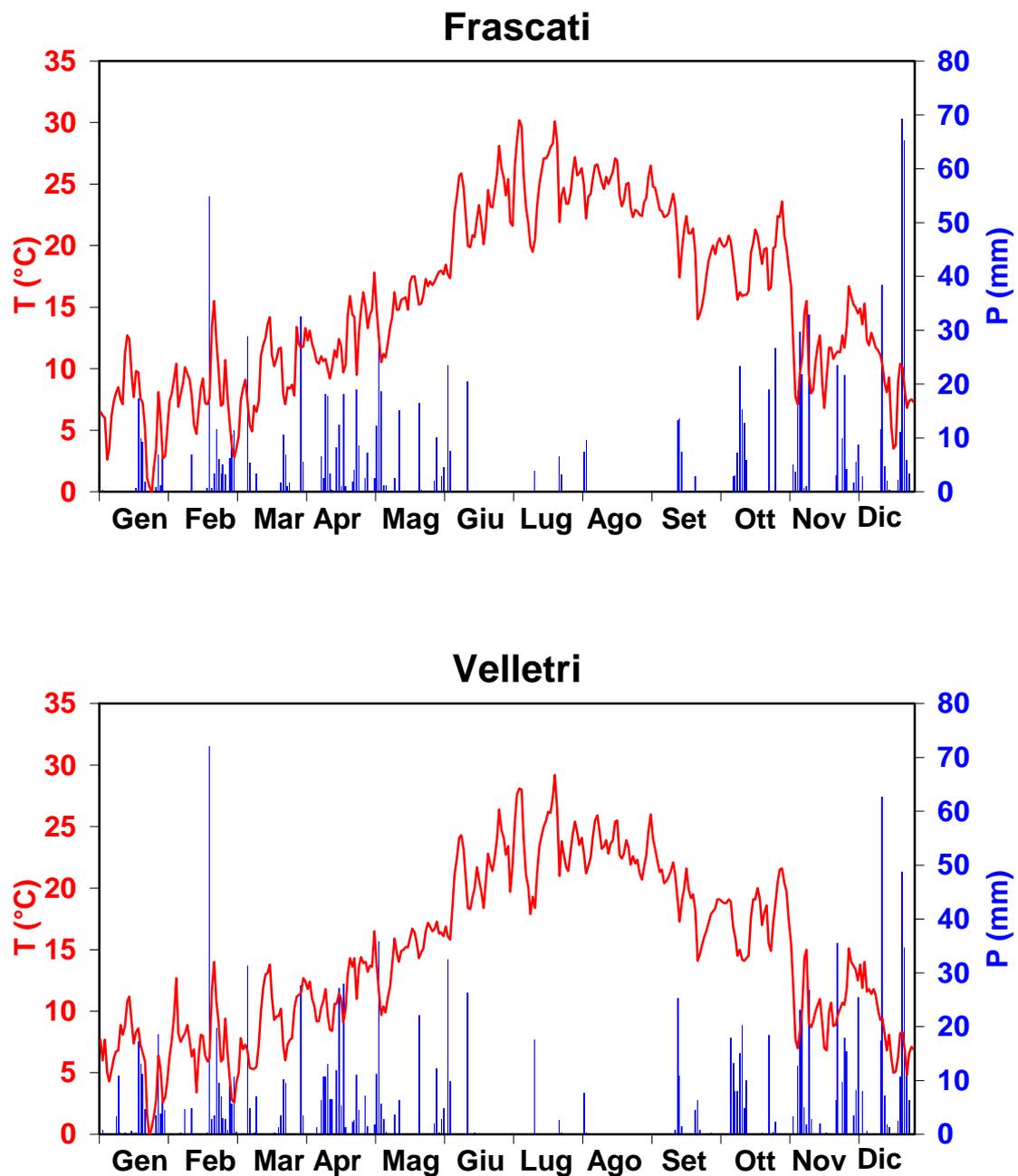


Fig. 4. Precipitazioni giornaliere (P) e temperature medie giornaliere (T) nel corso del 2004 rilevati dalle Stazioni Meteorologiche di Frascati e Velletri.

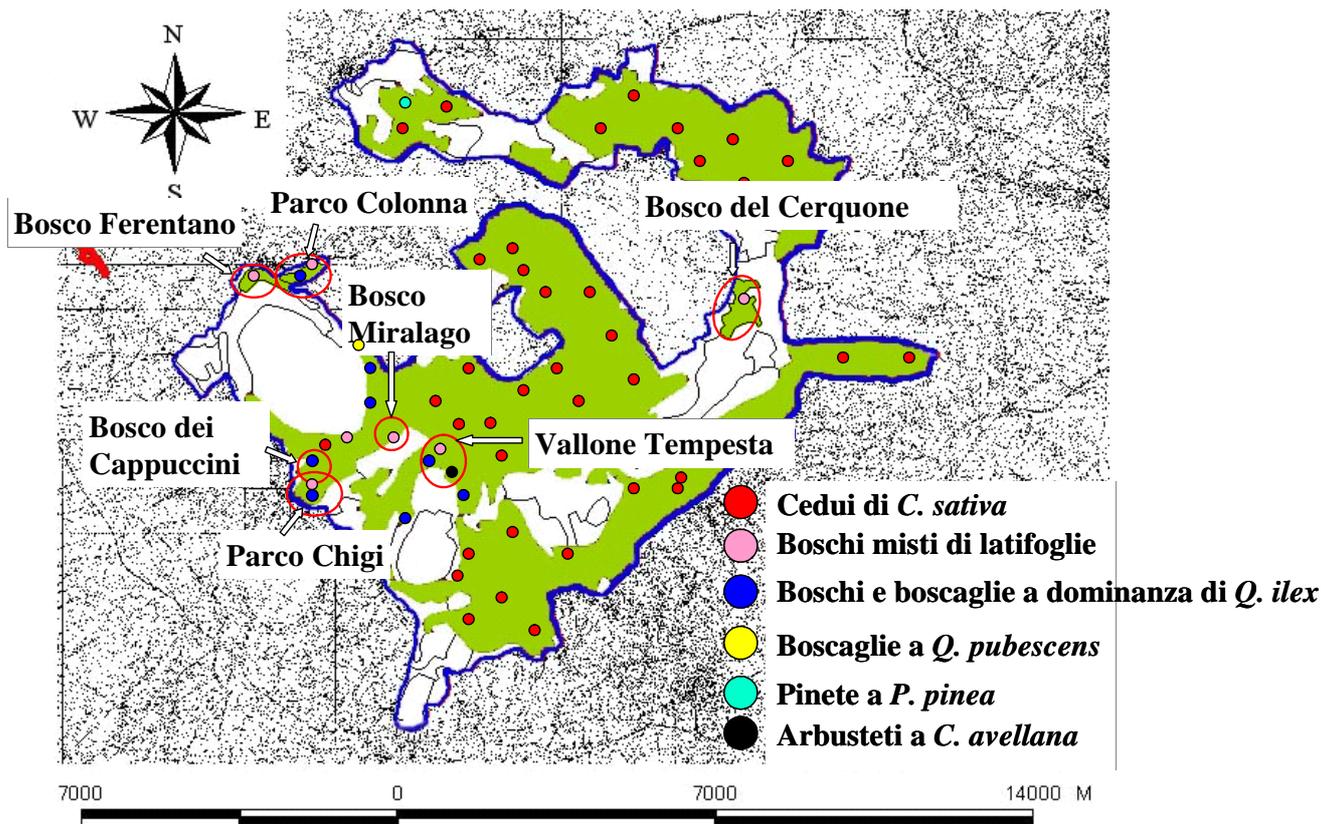


Fig. 5. Localizzazione delle diverse tipologie vegetazionali campionate all'interno del Parco. Sono indicati i boschi residuali (Bosco Ferentano, Parco Colonna, Bosco del Cerquone, Bosco Miralago, Bosco dei Cappuccini e Parco Chigi). Istituto Geografico Militare, fogli 1:25000 modificati.



Fig. 6. LI-COR LAI 2000.

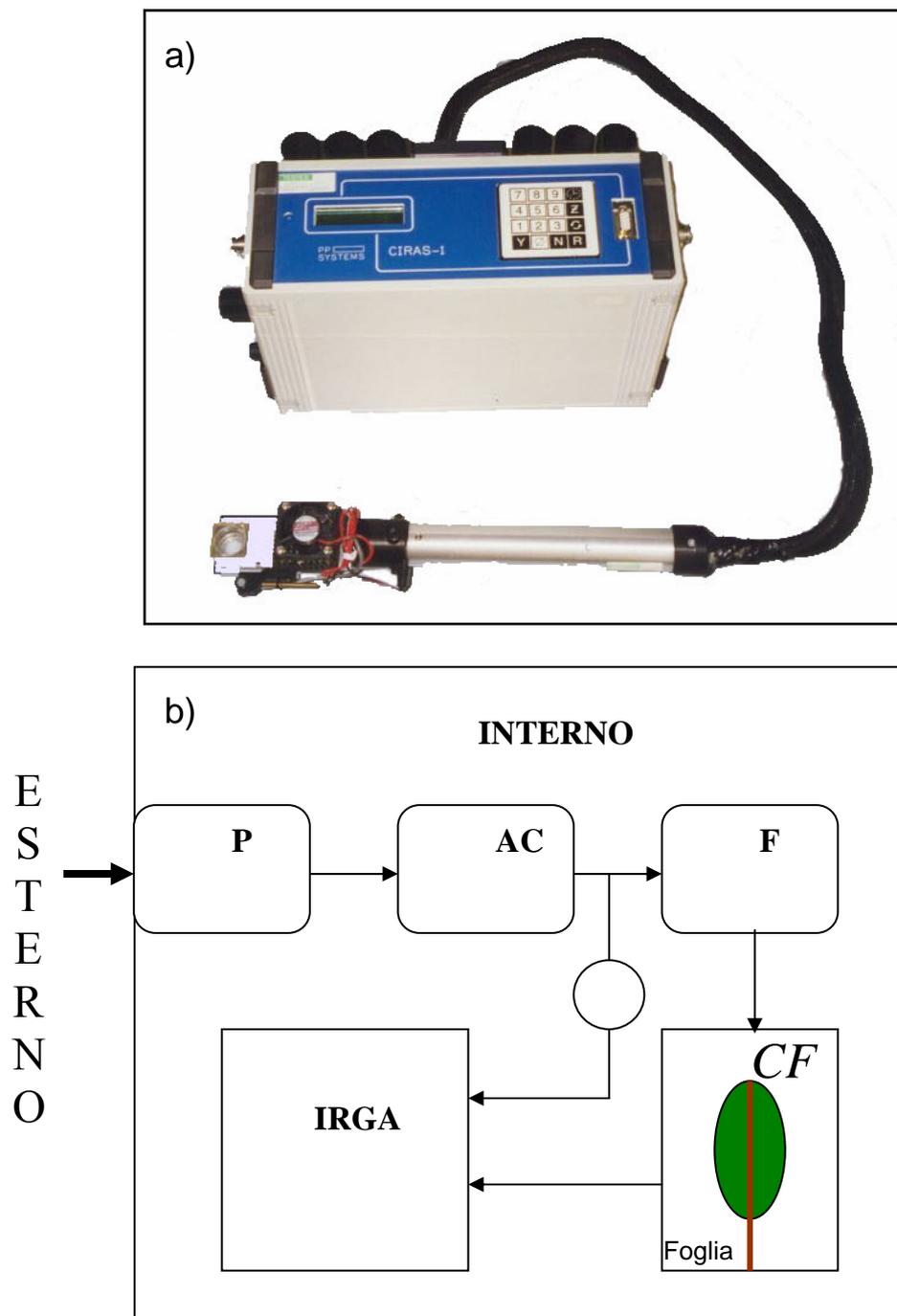


Fig. 7. a) Fig. 7. a) Fig. 7. a)

Fig.

Fig. 7. a) Analizzatore portatile di scambi gassosi fogliari a sistema aperto (Ciras-1 Open System, PP Systems, UK). b) schema di

funzionamento del sistema di rilevamento della fotosintesi netta; l'aria esterna viene pompata (P) verso l'interno e passa attraverso un sistema di controllo dell'umidità e della concentrazione di CO₂ (AC). Il flusso d'aria in entrata è controllato da un flussometro (F), da cui l'aria viene convogliata nella camera contenente la foglia (CF). L'aria in uscita dalla camera viene inviata all'analizzatore a raggi infrarossi (IRGA) che determina la concentrazione di CO₂ consumata dalla foglia (tasso di fotosintesi) dal confronto con la concentrazione di CO₂ della corrente d'aria di riferimento (R). Da: Ciras-1 Operator's Manual, Version 2.7, PP-Systems, 1994.



Fig. 8. Camera a pressione portatile (SKPM 1400, Skye Instruments, UK) collegata ad una bombola contenente una miscela di aria e azoto, utilizzata per le misure di potenziale idrico fogliare (Ψ).

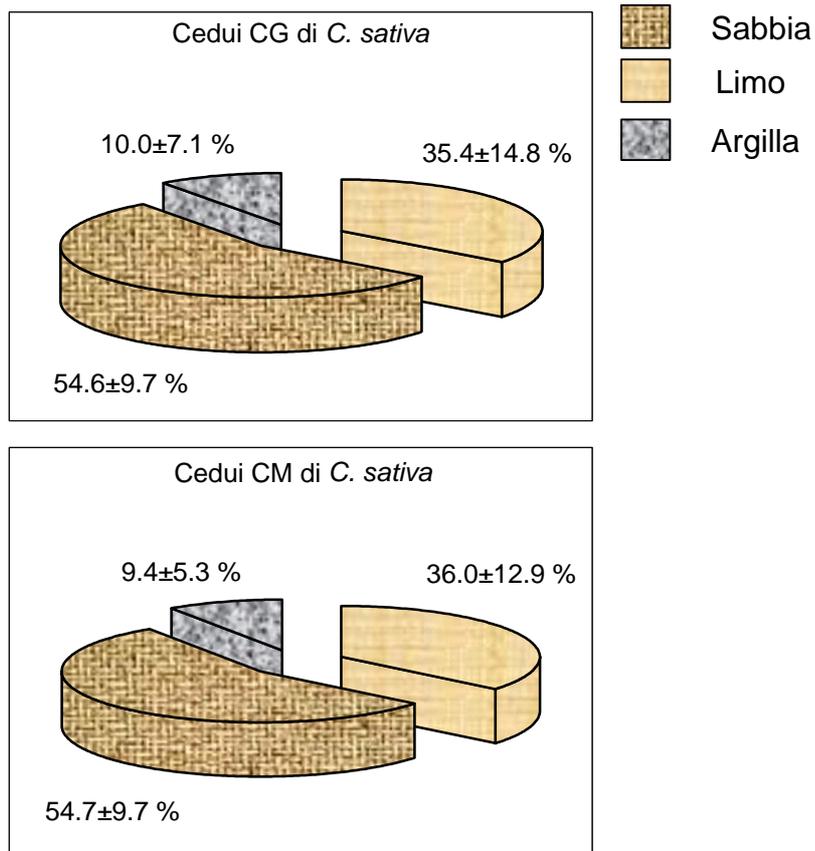
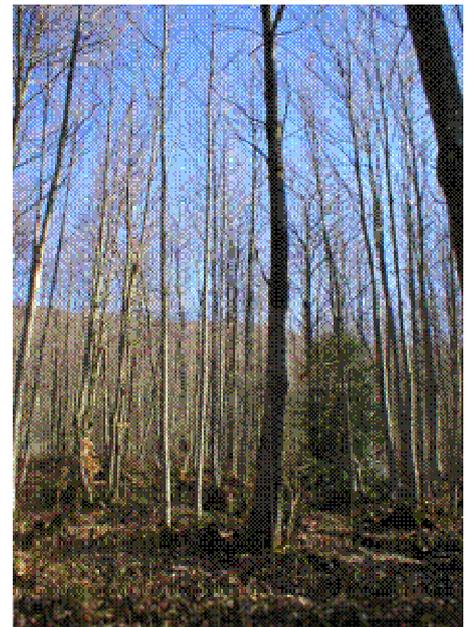


Fig. 9. Valori di sabbia, limo e argilla (%) nei suoli dei cedui di *C. sativa* di 5 anni (CG) e di 23 anni (CM) di età considerati.

Ceduo di 1 anno**Ceduo di 5 anni****Ceduo di 12 anni****Ceduo di 23 anni****Ceduo di 26 anni**Fig. 10. Cedui di *C. sativa* a Colle Iano.

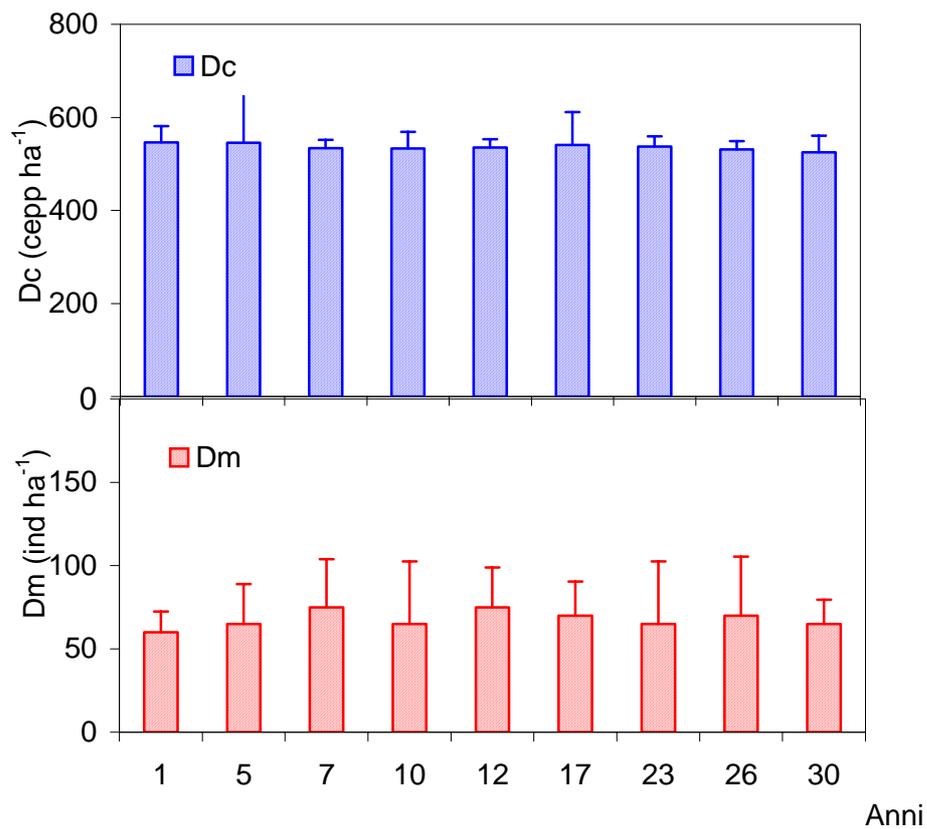


Fig. 11. Andamento della densità delle ceppaie (Dc) e della densità delle matricine (Dm), nei boschi cedui di *C. sativa* di diversa età. È mostrata la deviazione standard. Ciascun valore è la media di 10 aree di saggio.

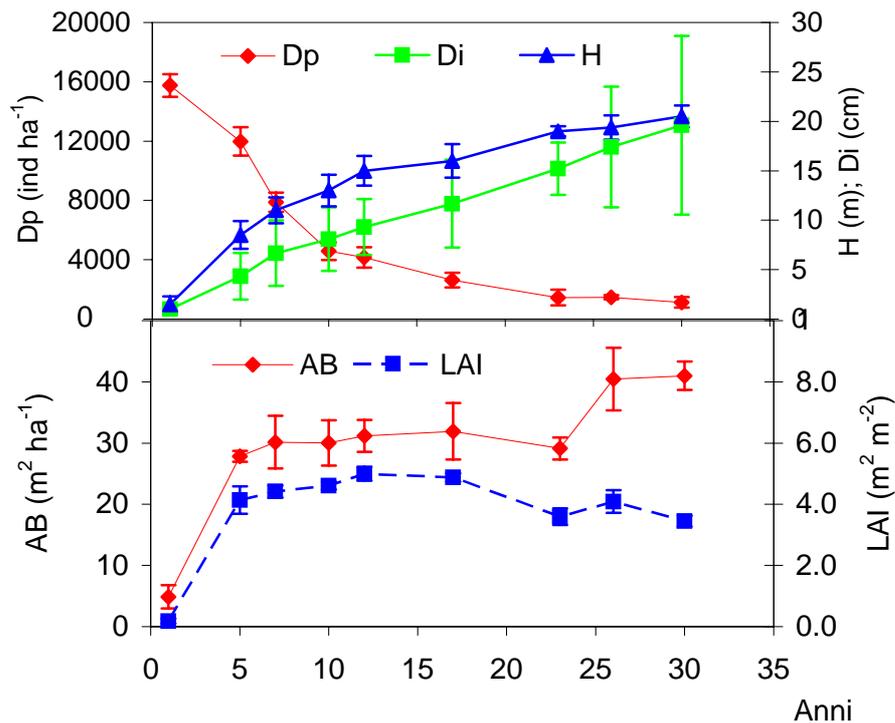


Fig. 12. Andamento della densità dei polloni (Dp), diametro del tronco a 1.30 m (Di) altezza dei polloni (H), area basimetrica (AB) e indice di area fogliare (LAI) nei boschi cedui di *C. sativa* di diversa età. È mostrata la deviazione standard. Ciascun valore è la media di 10 aree di saggio.

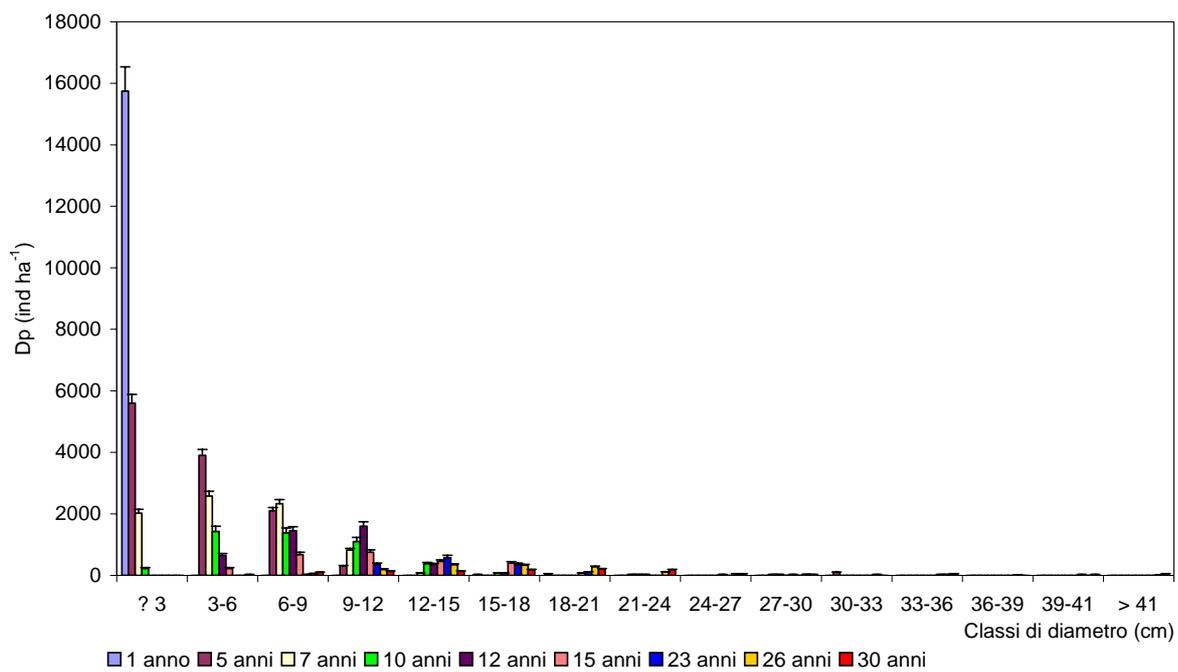


Fig. 13. Distribuzione in classi di diametro per i cedui di *C. sativa* di diversa età. Dp = densità dei polloni.

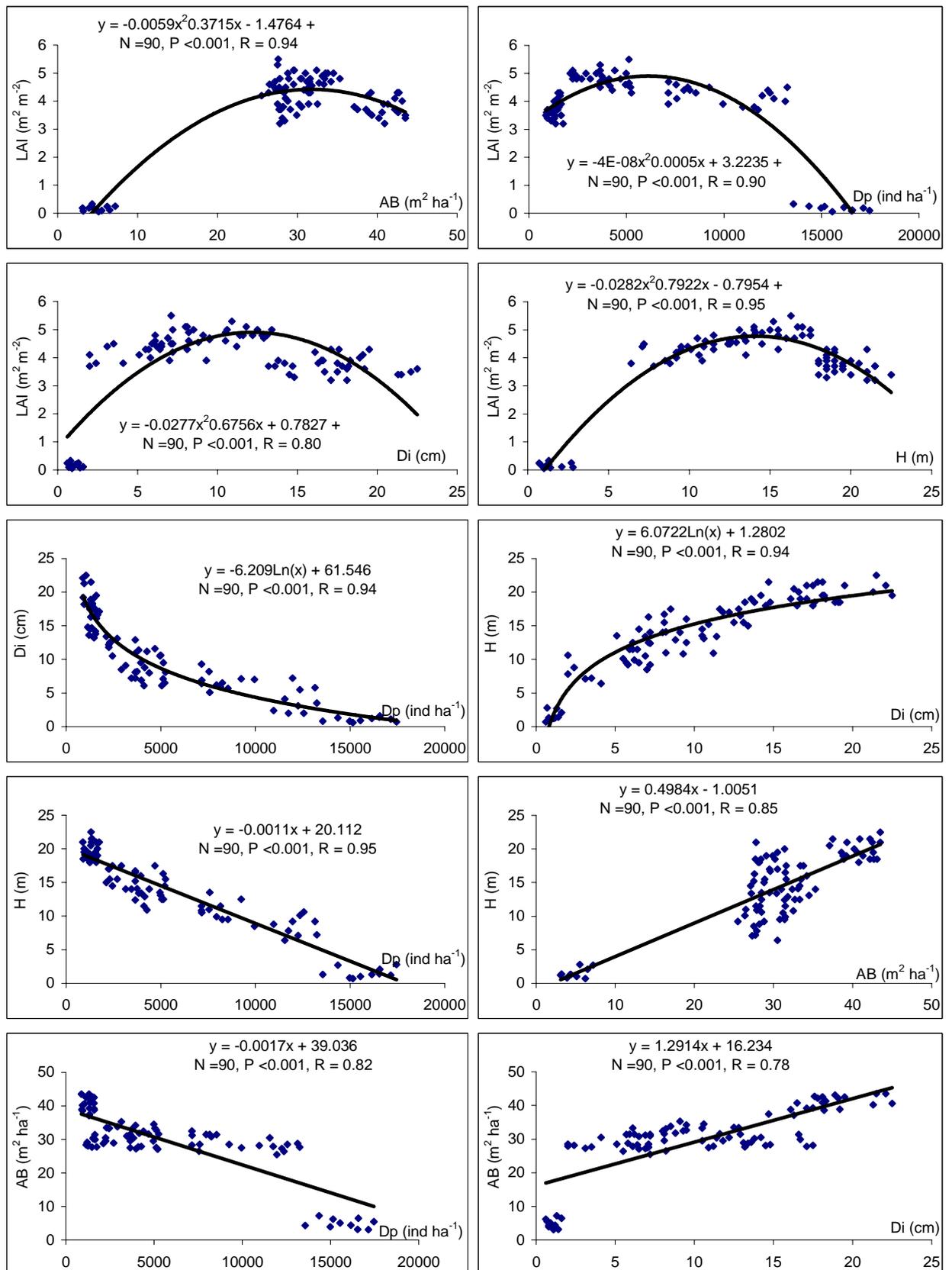


Fig. 14. Regressione fra le variabili strutturali nei boschi cedui di *C. sativa* di diversa età. Dp = densità dei polloni, Di = diametro del tronco a 1.30 m; H = altezza dei polloni, AB = area basimetrica; LAI = indice di area fogliare. Sono mostrati l'equazione della curva di regressione, il coefficiente di correlazione (R), la significatività (P) ed il numero di osservazione (N).

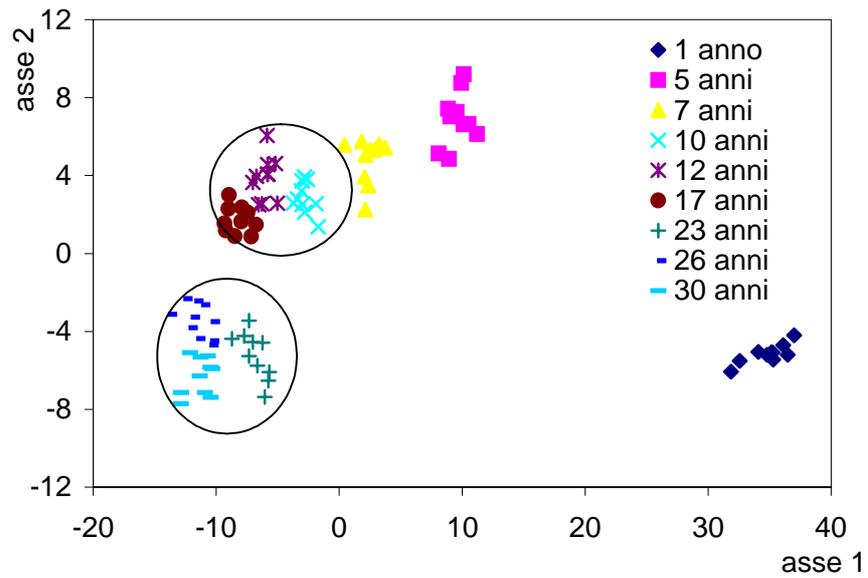


Fig. 15. Analisi dei discriminanti basata su: densità dei polloni (D_p), densità delle matricine (D_m), densità delle ceppaie (D_c), diametro del tronco a 1.30 m (D_i), altezza del pollone più alto di ogni ceppaia (H), area basimetrica (AB), indice di area fogliare (LAI) nei boschi cedui di *C. sativa* di diversa età (1, 5, 7, 10, 12, 17, 23, 26, 30).

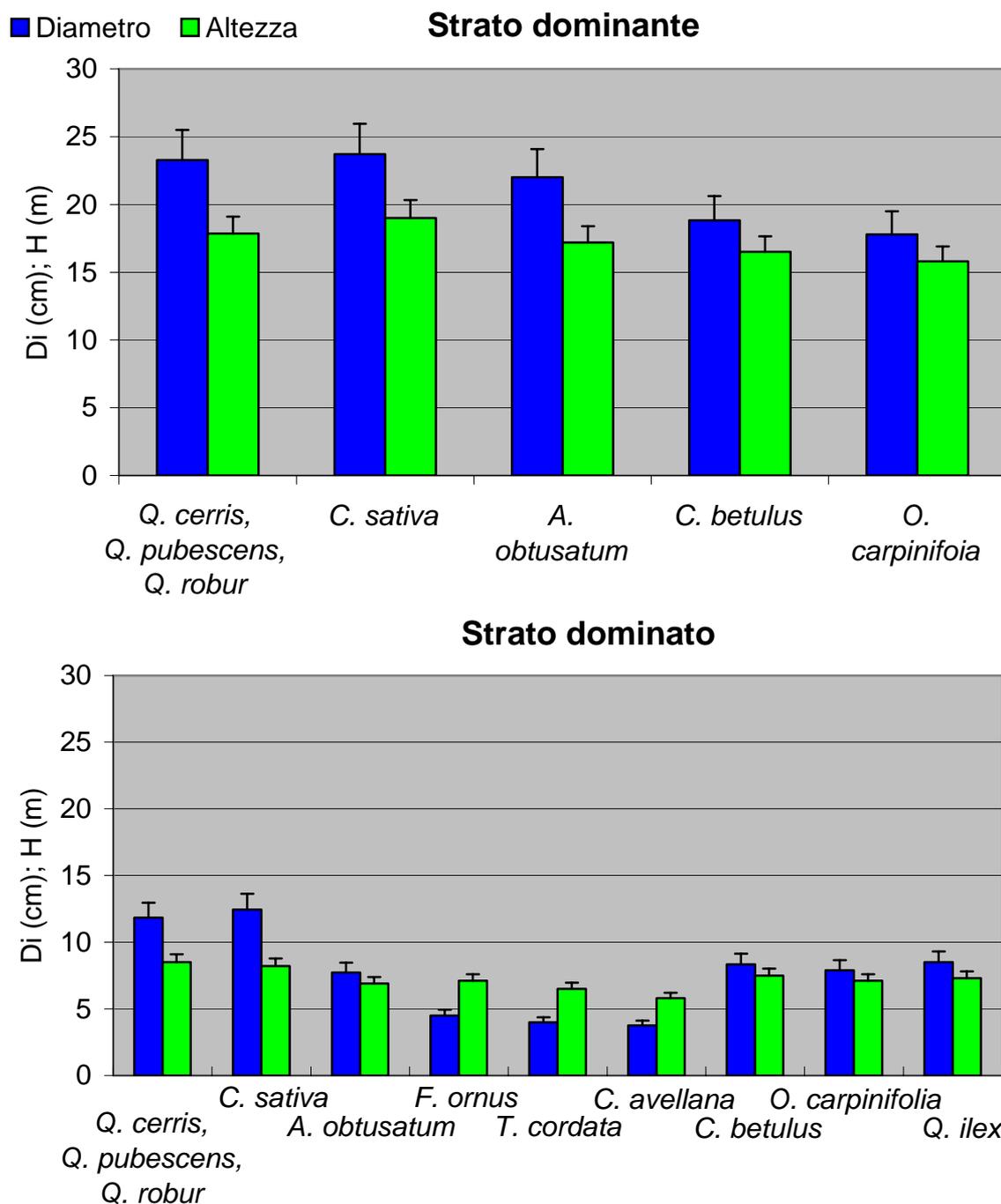


Fig. 16. Valori medi di diametro (Di) ed altezza (H) per le specie presenti nello strato dominante e dominato dei cedui di *C. sativa* con elementi di bosco misto. E' mostrata la deviazione standard.

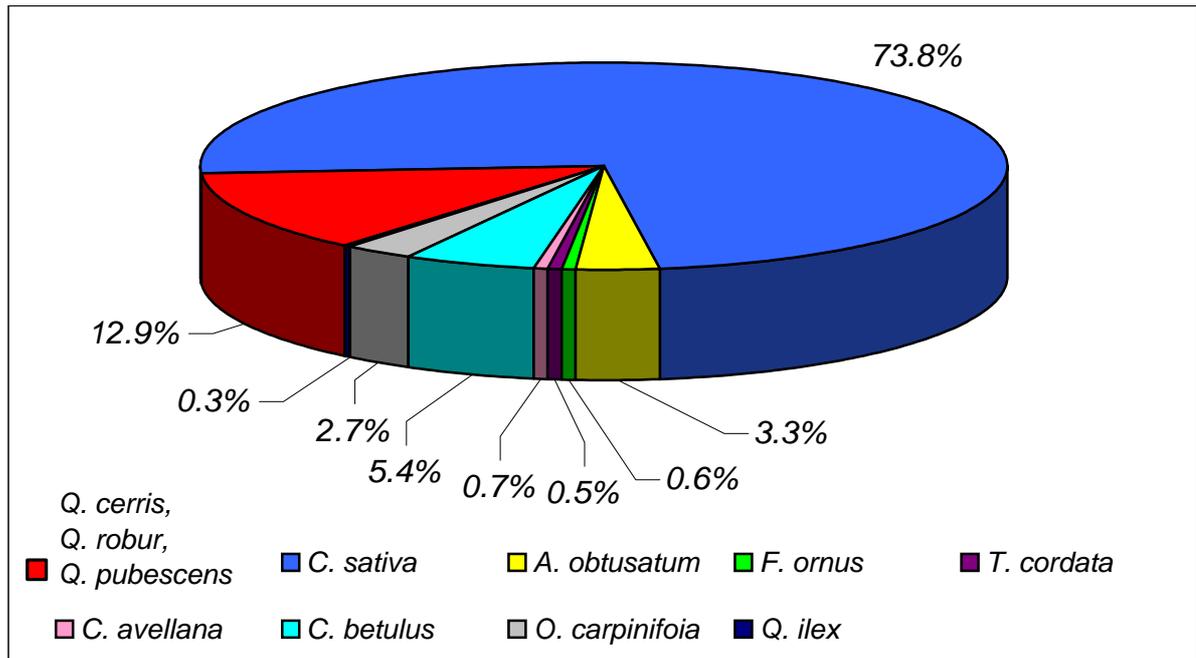


Fig. 17. Area basimetrica (%) delle specie presenti nello strato arboreo dei cedui di *C. sativa* con elementi di bosco misto.

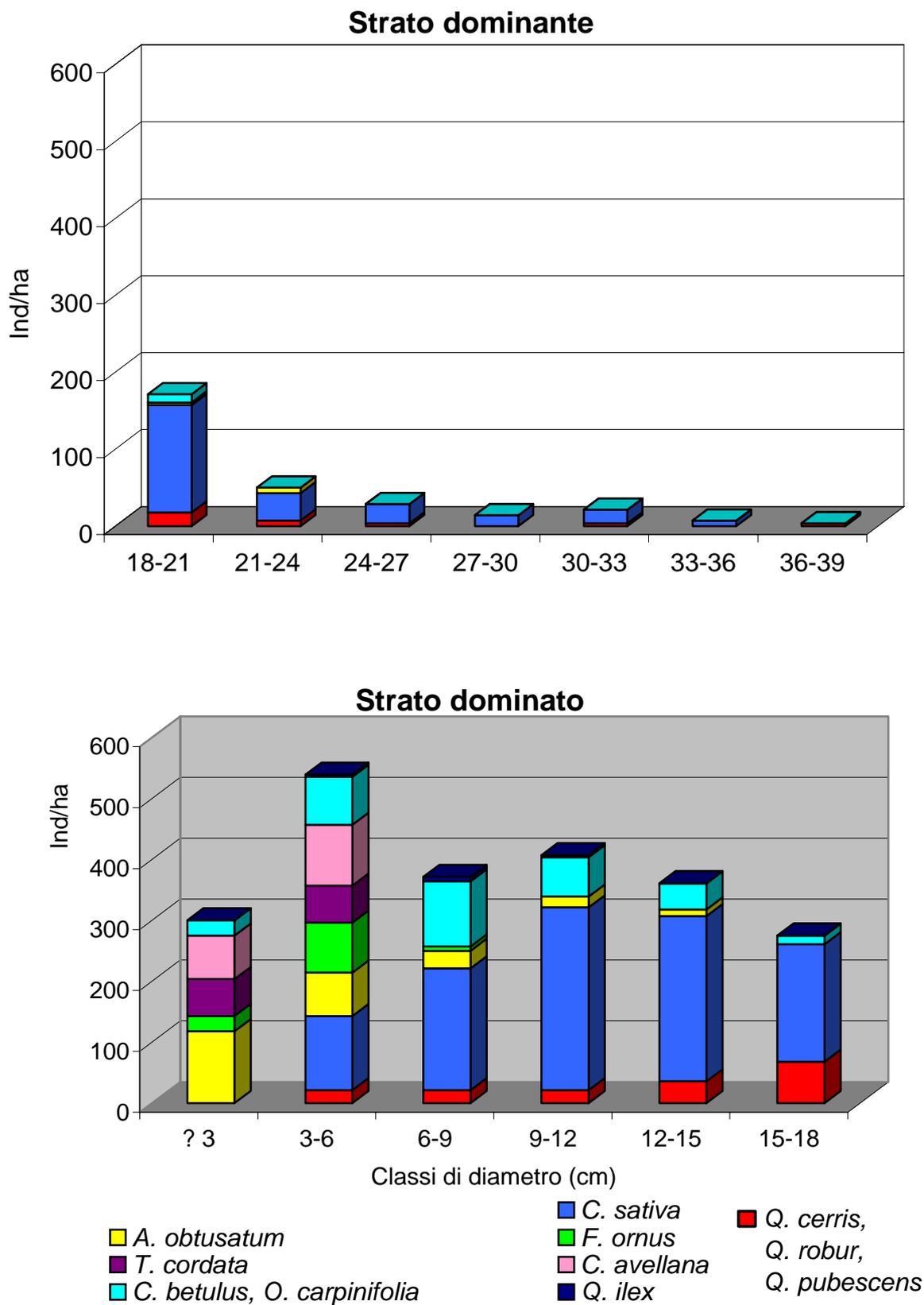


Fig. 18. Numero di individui in classi di diametro per le specie presenti nello strato dominante e dominato dei cedui di *C. sativa* con elementi di bosco misto.

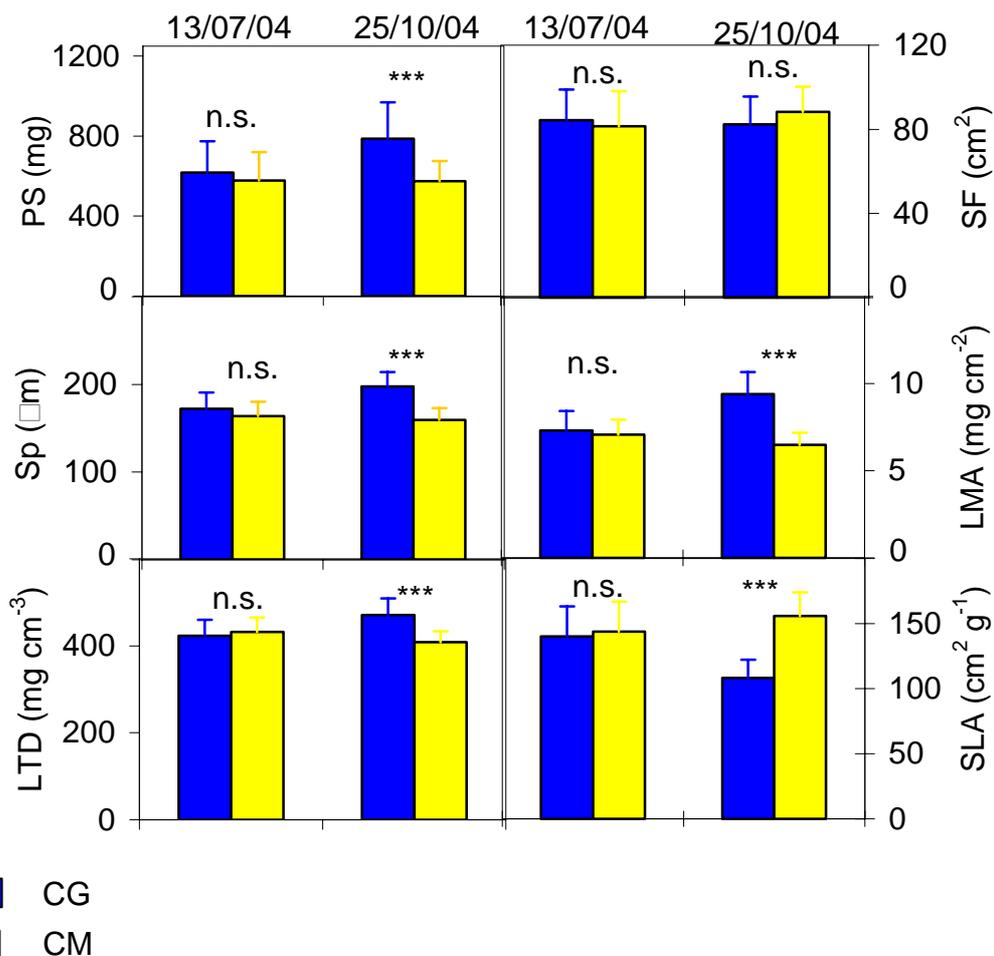


Fig. 19. Tratti fogliari nei cedui di *C. sativa* di 5 anni (CG) e 23 anni (CM) di età nei giorni 13/07/2004 e 25/10/2004. PS = peso secco fogliare; SF = proiezione della superficie fogliare ; Sp = spessore della lamina fogliare; LMA = massa fogliare specifica; SLA = superficie fogliare specifica; LTD = densità tessutale. Ciascun valore è la media di 20 foglie. La deviazione standard è mostrata. Le medie significativamente differenti sono evidenziate con ***($P < 0.001$); n.s. non significativo.

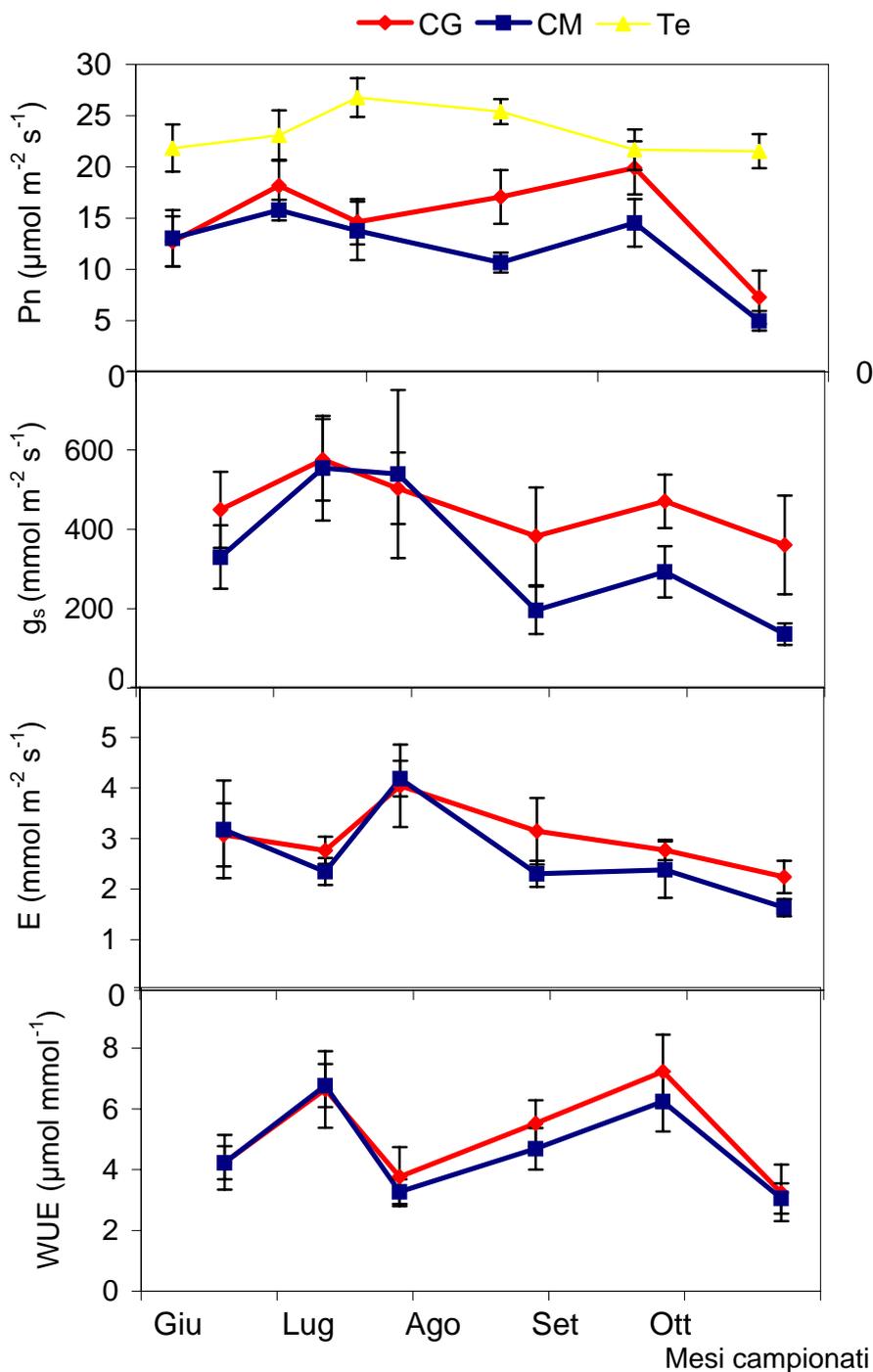


Fig. 20. Andamento della fotosintesi netta (Pn), conduttanza stomatica (g_s), tasso di traspirazione (E), efficienza di utilizzo di acqua (WUE), in cedui di *C. sativa* di 5 anni (CG) e 23 anni (CM) di età, relativi ai mesi da Giugno ad Ottobre (2004). Te = temperatura dell'aria. È mostrata la deviazione standard. Ciascun punto è la media di 20 foglie.

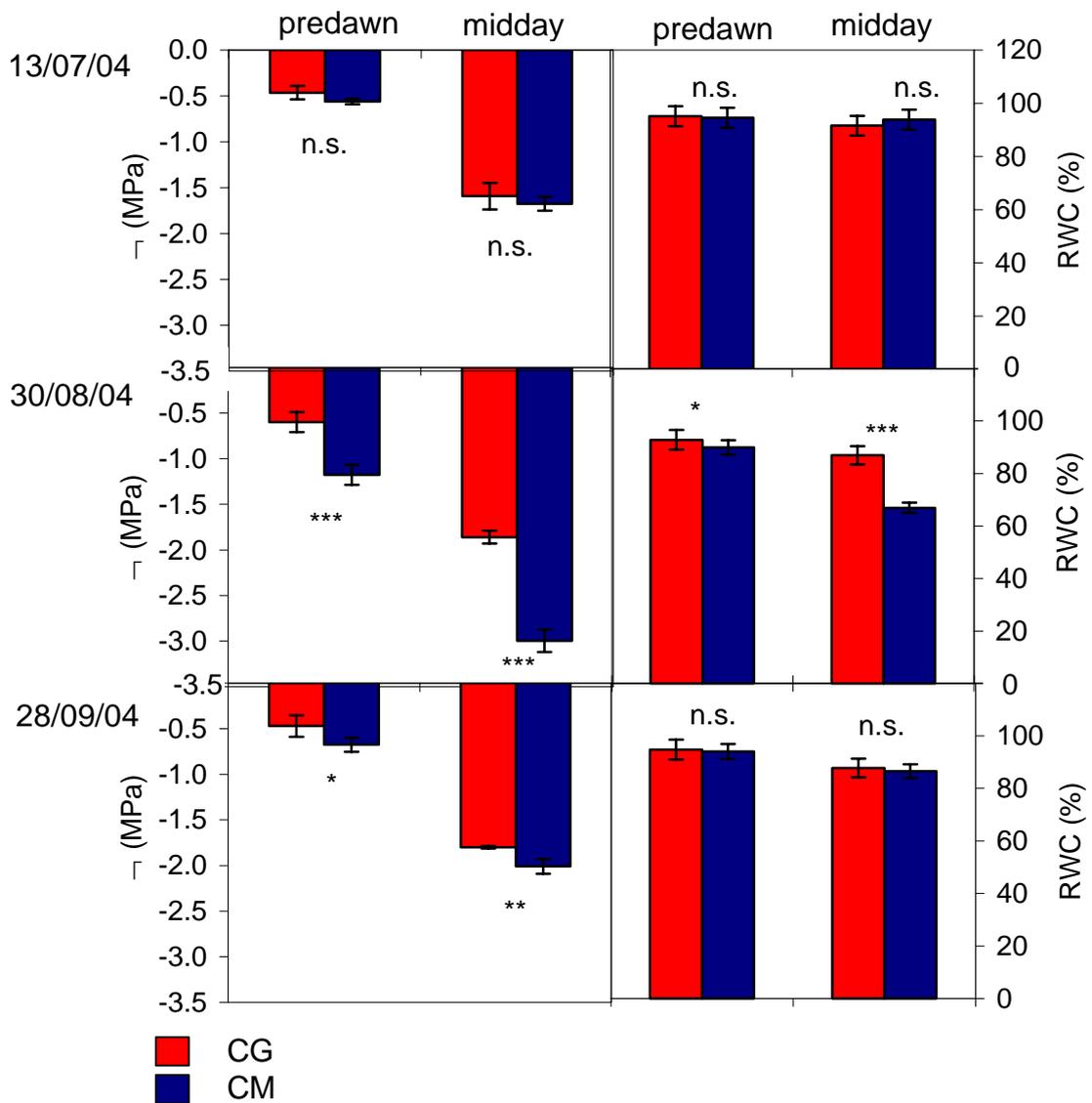


Fig. 21. Potenziale idrico al predawn (Ψ_{pd}) ed al midday (Ψ_m), contenuto idrico relativo fogliare al predawn (RWC_{pd}) ed al midday (RWC_m) misurati in cedui di *C. sativa* di 5 anni (CG) e 23 anni (CM) di età, il 13/07/2004, 30/08/2004 e 28/09/2004. Ciascun valore è la media di 10 foglie. La deviazione standard è mostrata. Le medie significativamente differenti sono evidenziate con *($P < 0.05$), **($P < 0.01$) and ***($P < 0.001$); n.s. non significativo.

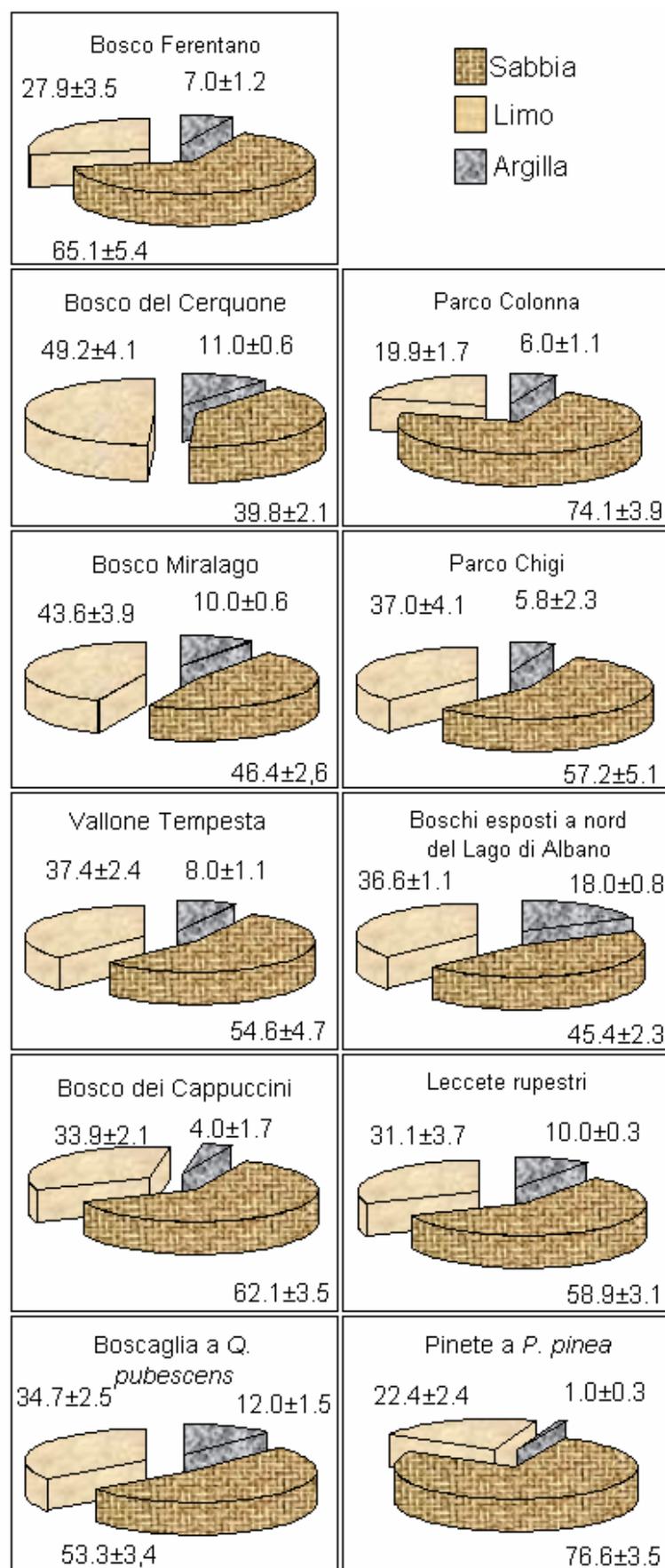


Fig. 22. Valori di sabbia, limo e argilla (%) nei suoli dei boschi residuali presenti nel Parco dei Castelli.



Fig. 23. Aspetto di un bosco misto di latifoglie presente nel Bosco Ferentano.

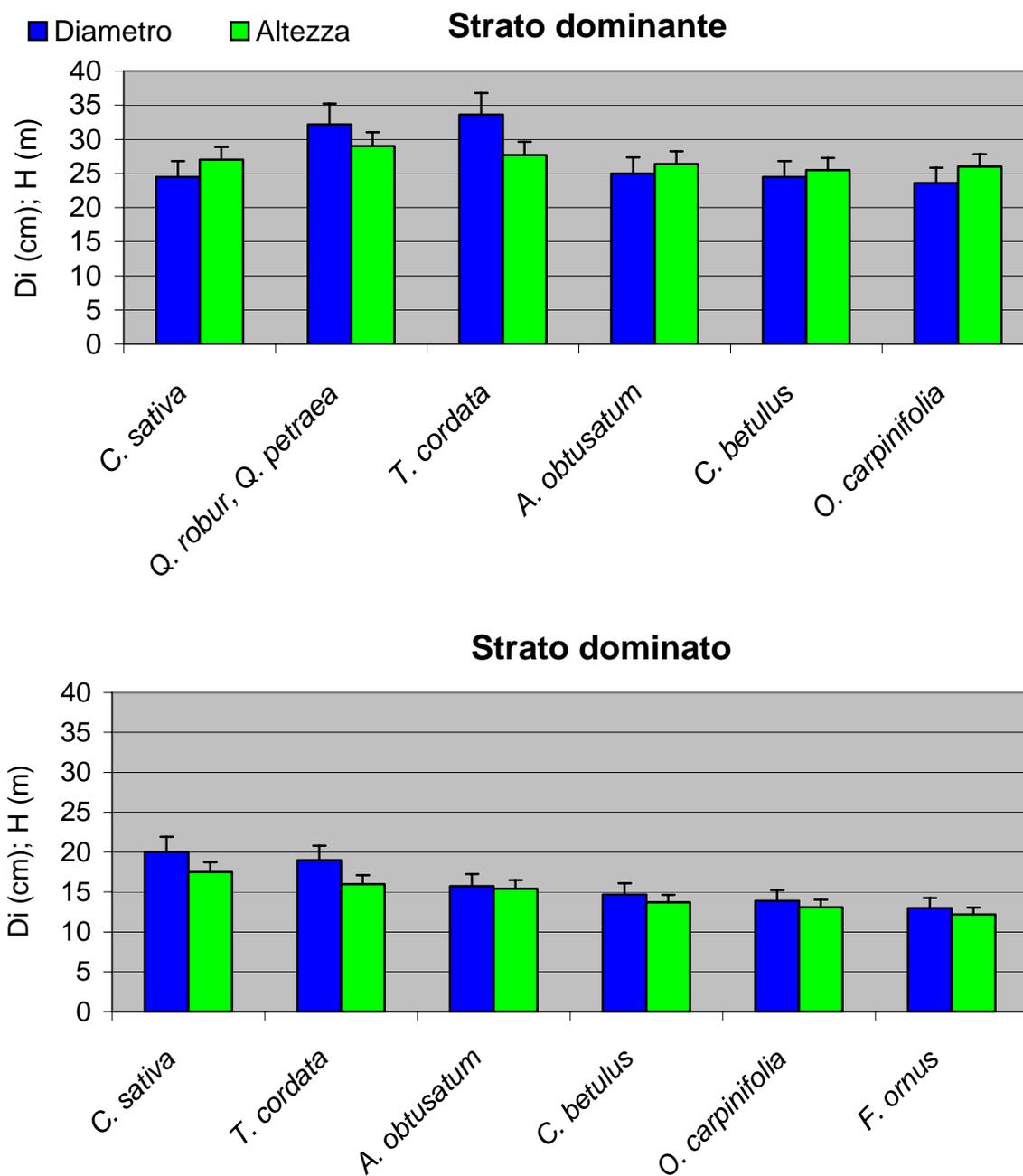


Fig. 24. Valori medi di diametro (Di) ed altezza (H) per le specie presenti nello strato dominante e dominato del bosco Ferentano. E' mostrata la deviazione standard.

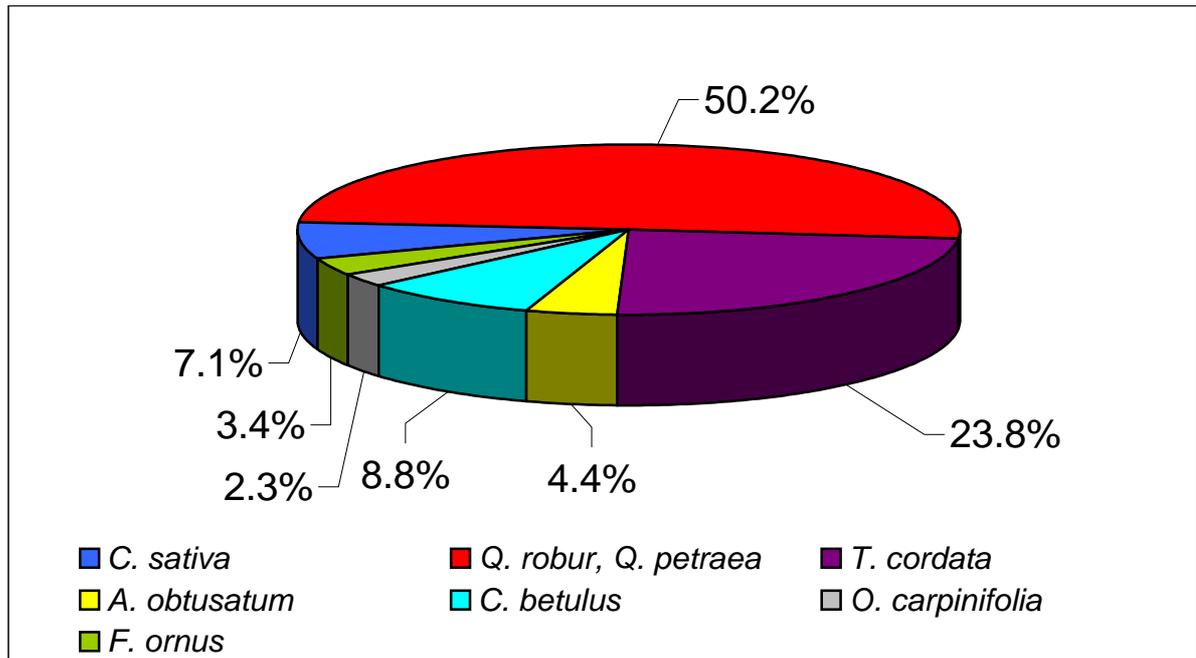


Fig. 25. Area basimetrica (%) delle specie presenti nello strato arboreo del bosco Ferentino.

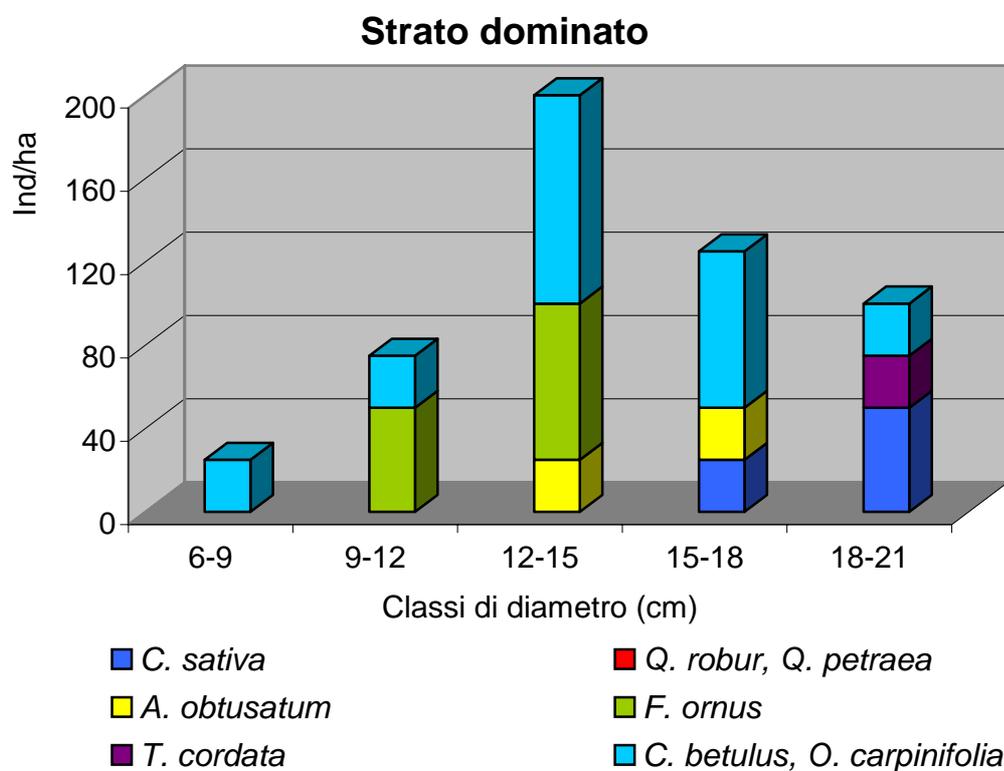
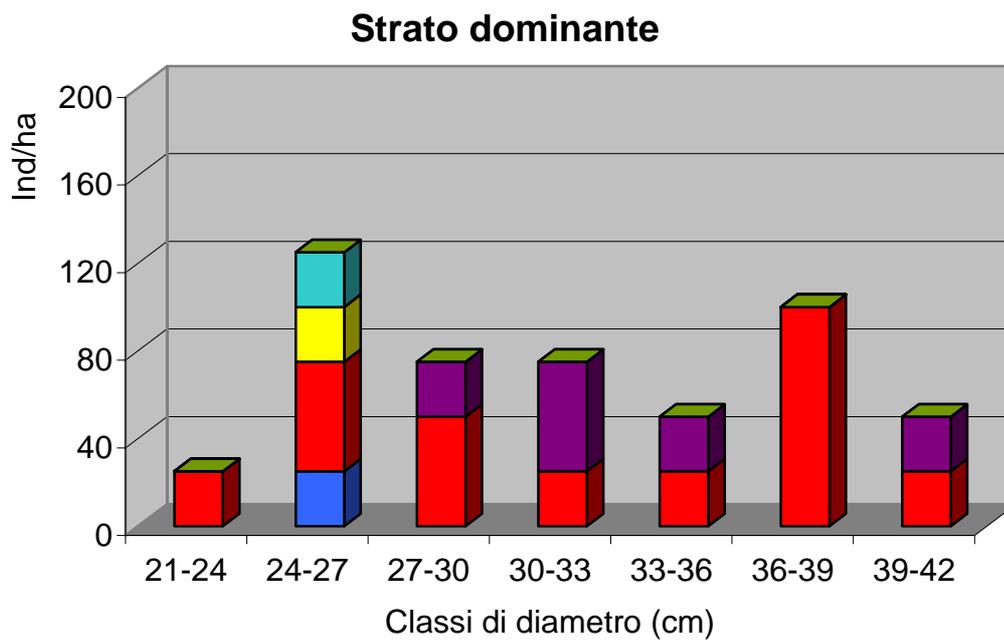


Fig. 26. Numero di individui in classi di diametro per le specie presenti nello strato dominante e dominato del bosco Ferentano.

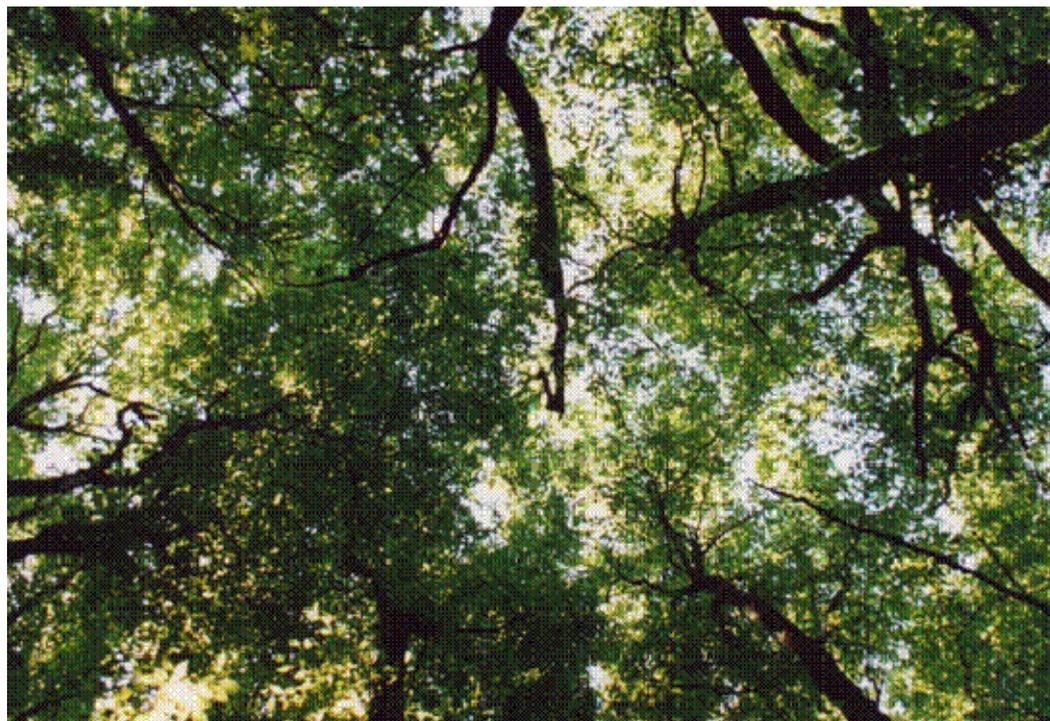


Fig. 27. Aspetto di un bosco misto di latifoglie presente nel Bosco del Cerquone.

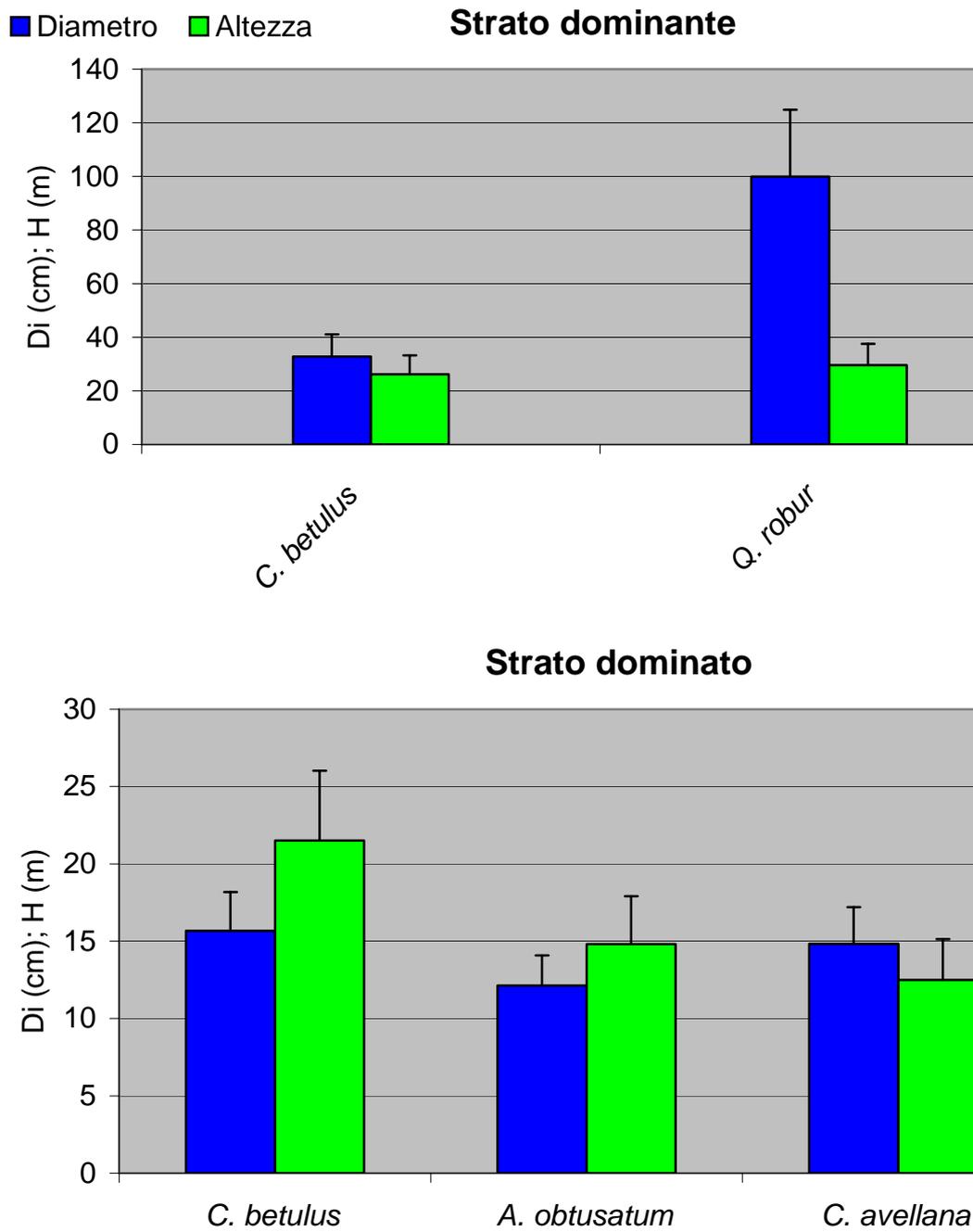


Fig.28. Valori medi di diametro (Di) ed altezza (H) per le specie dello strato dominante e dominato del bosco del Cerquone. E' mostrata la dev standard.

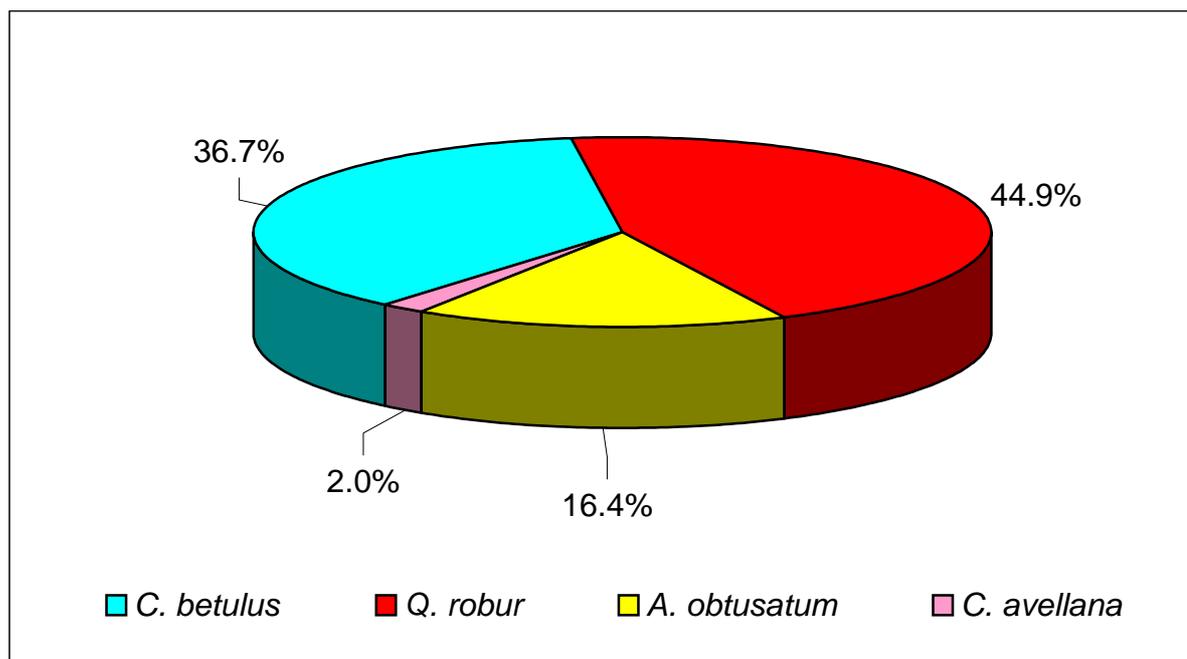
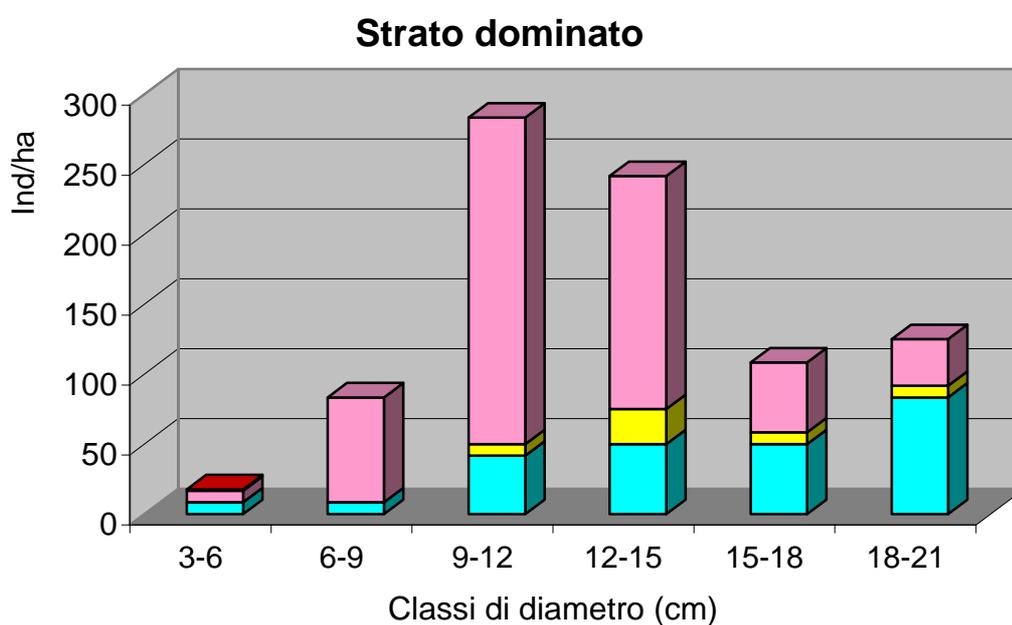
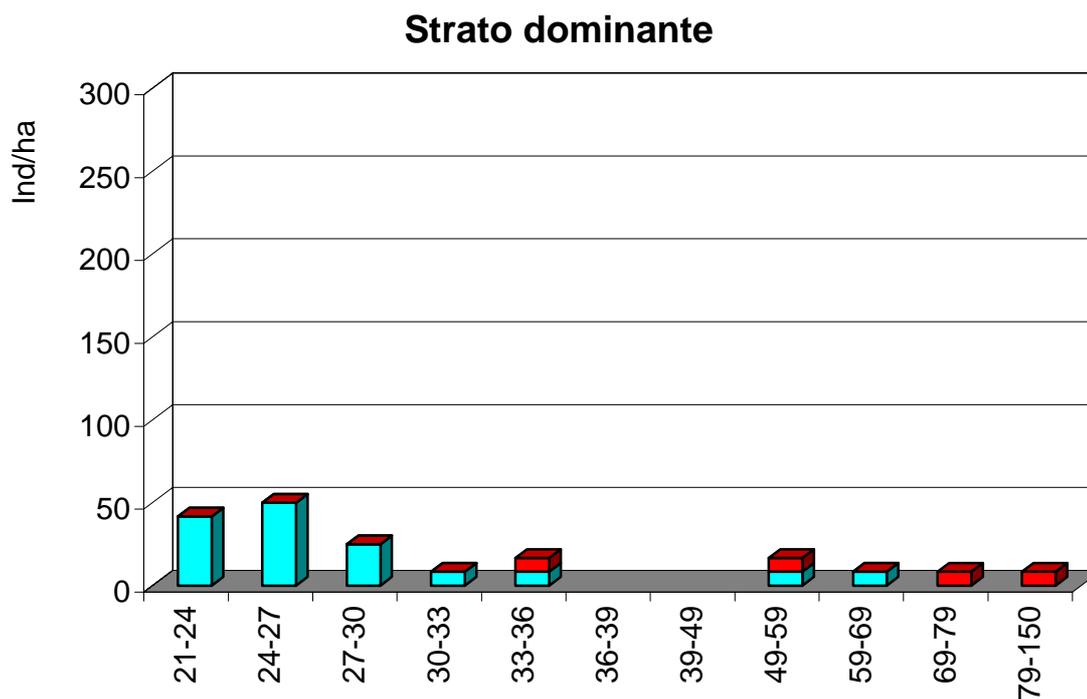


Fig. 29. Area basimetrica (%) delle specie dello strato arboreo del bosco misto di latifoglie presente nel bosco del Cerquone.



■ *C. betulus*
 ■ *A. obtusatum*
 ■ *C. avellana*
 ■ *Q. robur*

Fig. 30. Numero di individui in classi di diametro per le specie dello strato dominante e dominato del bosco del Cerquone.



Fig. 31. Aspetto di un bosco misto di latifoglie presente nel Parco Colonna.

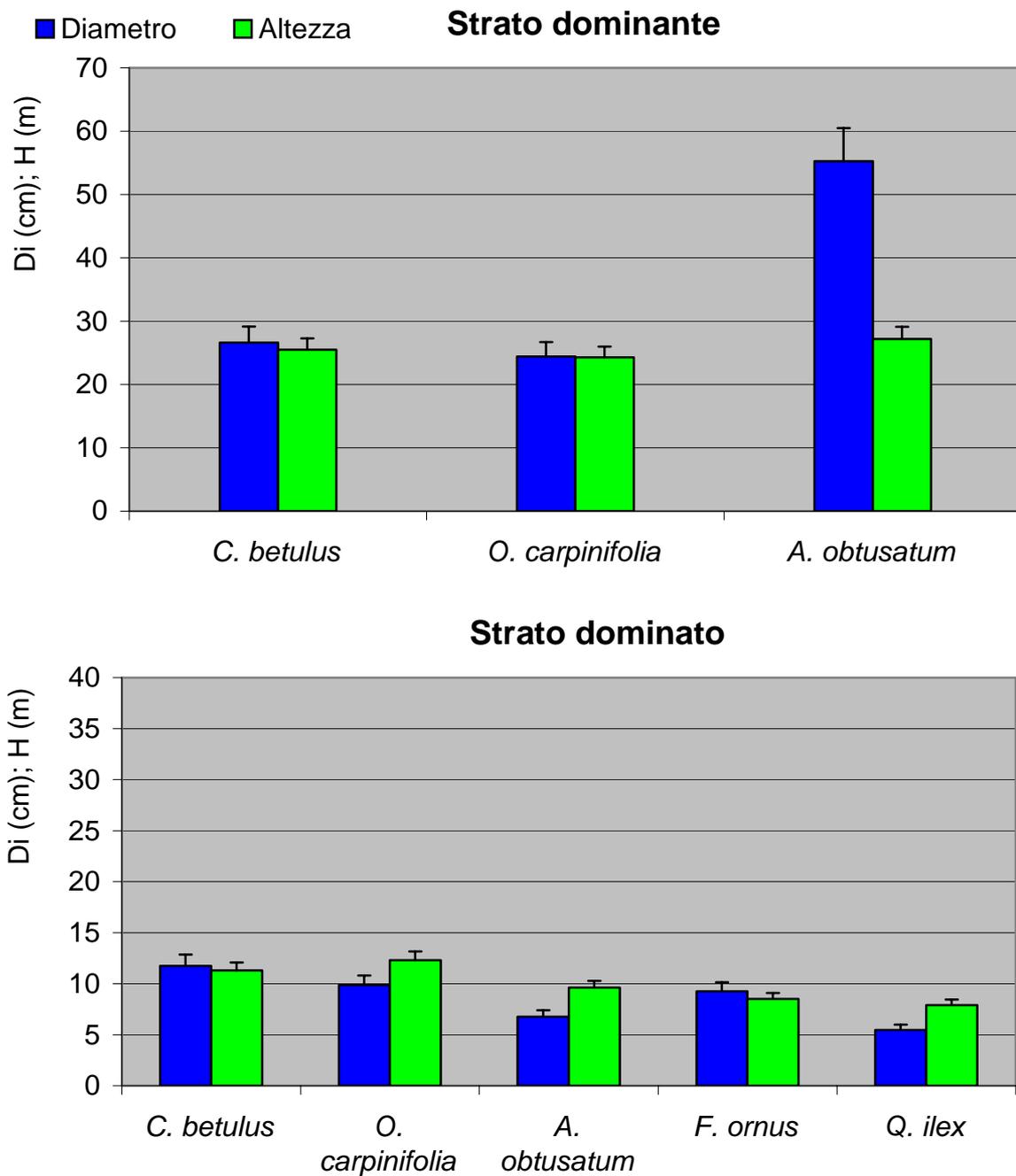


Fig. 32. Valori medi di diametro (Di) ed altezza (H) per le specie presenti nello strato dominante e dominato del bosco misto di latifoglie presente nel Parco Colonna. E' mostrata la deviazione standard.

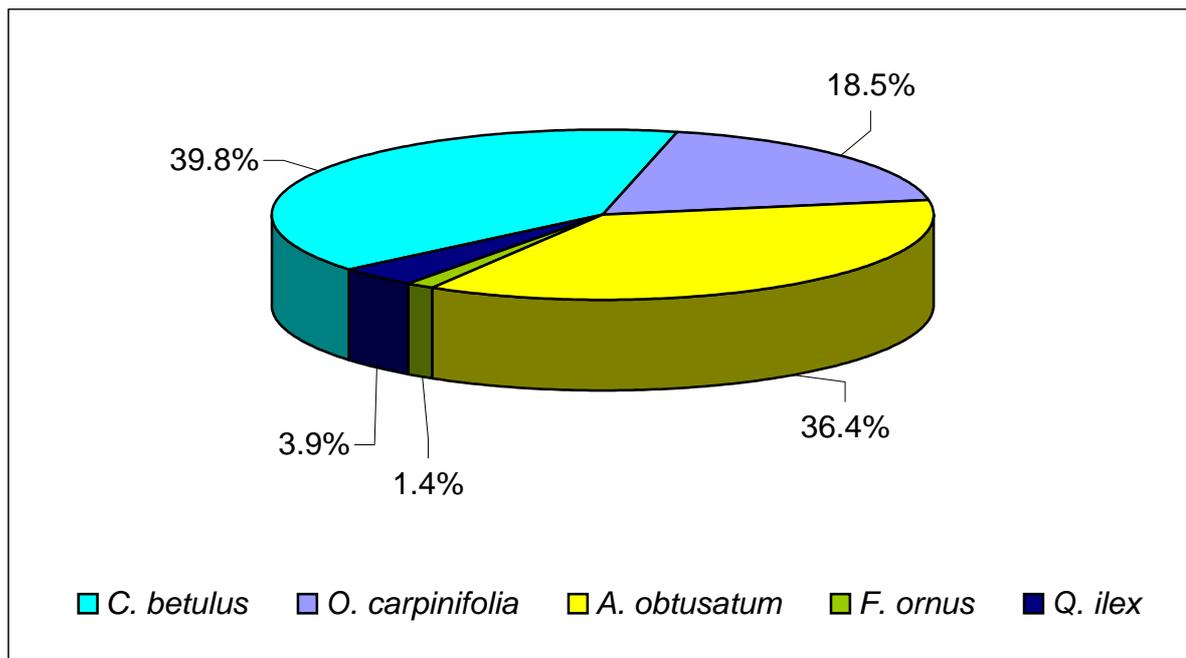


Fig. 33. Area basimetrica (%) delle specie presenti nello strato arboreo del bosco misto di latifoglie presente nel Parco Colonna.

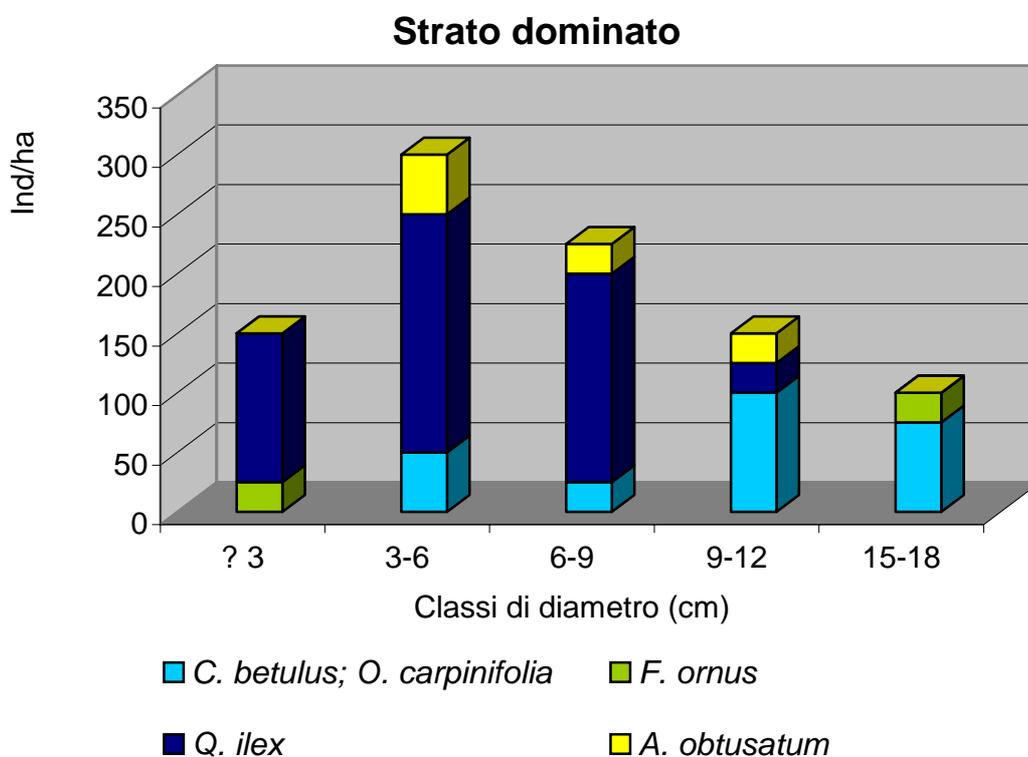
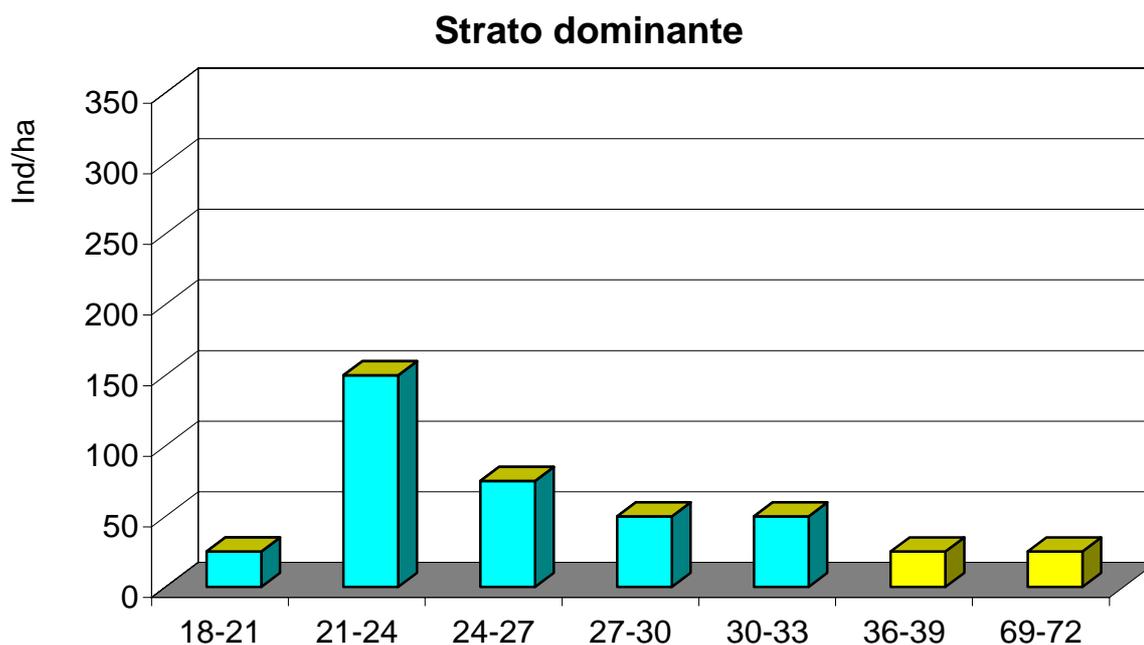


Fig. 34. Numero di individui in classi di diametro per le specie presenti nello strato dominante e dominato del bosco misto di latifoglie presente nel Parco Colonna.

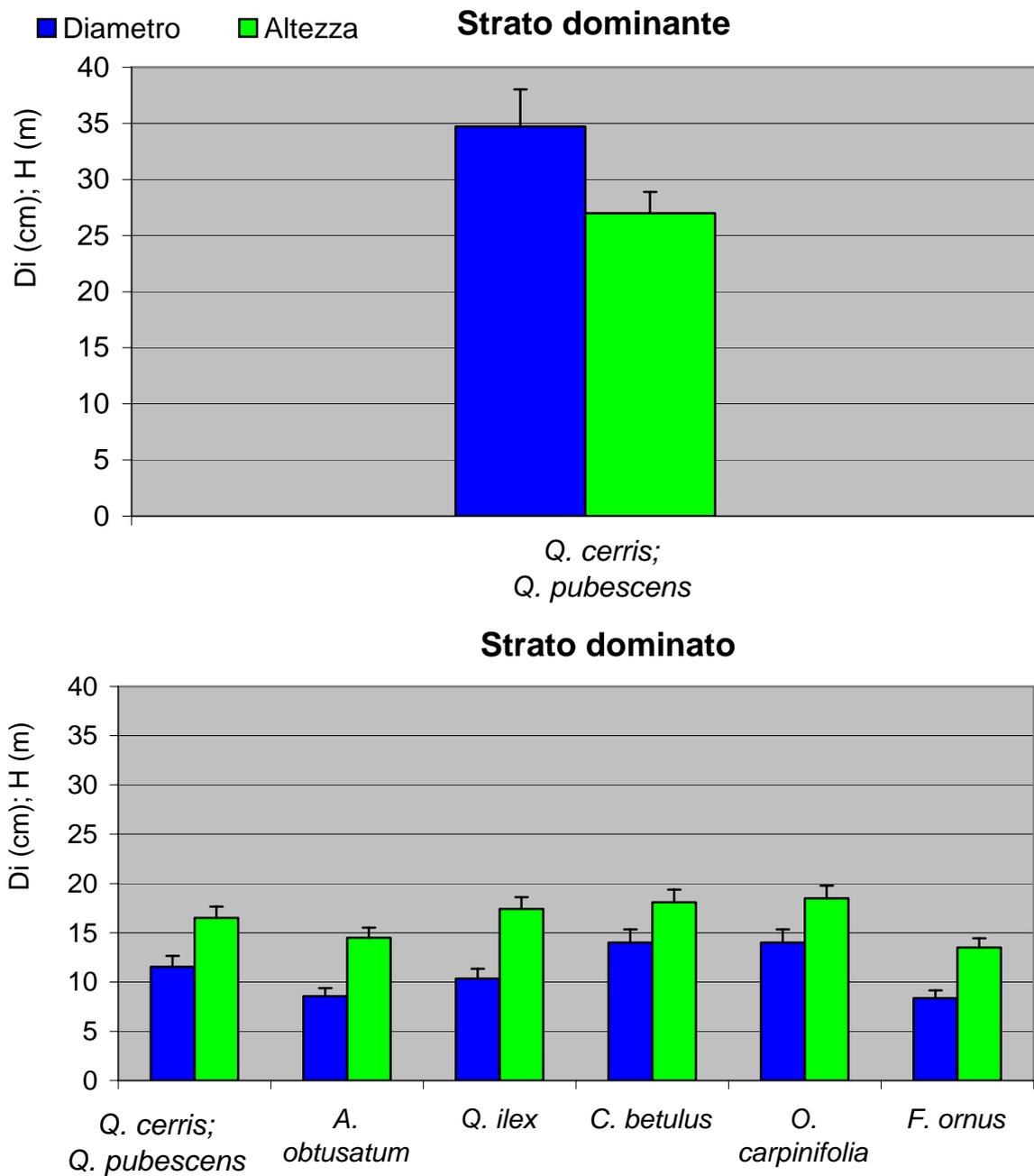


Fig. 35. Valori medi di diametro (Di) ed altezza (H) per le specie presenti nello strato dominante e dominato del bosco Miralago. E' mostrata la deviazione standard.

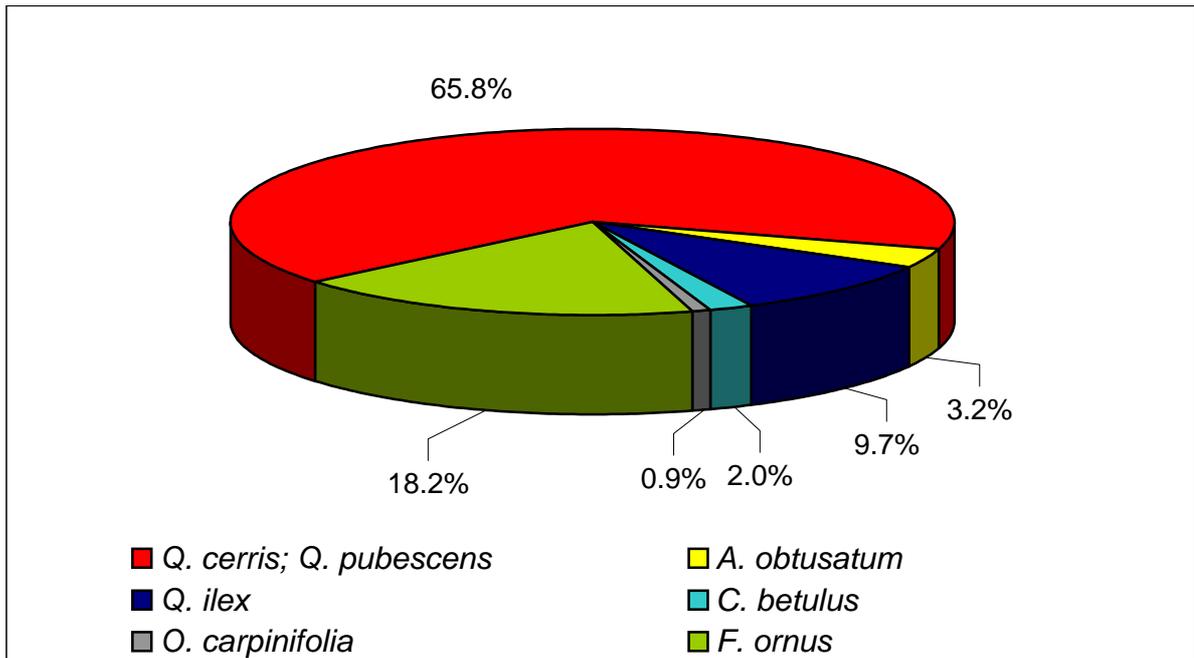


Fig. 36. Area basimetrica (%) delle specie presenti nello strato arboreo del bosco Miralago.

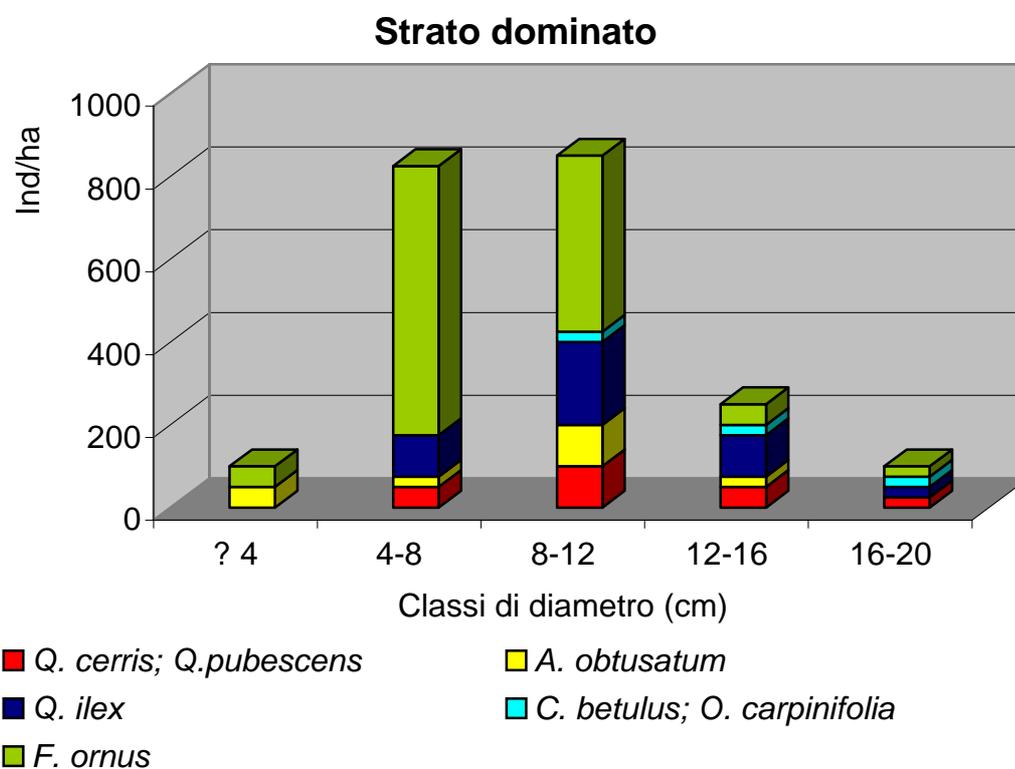
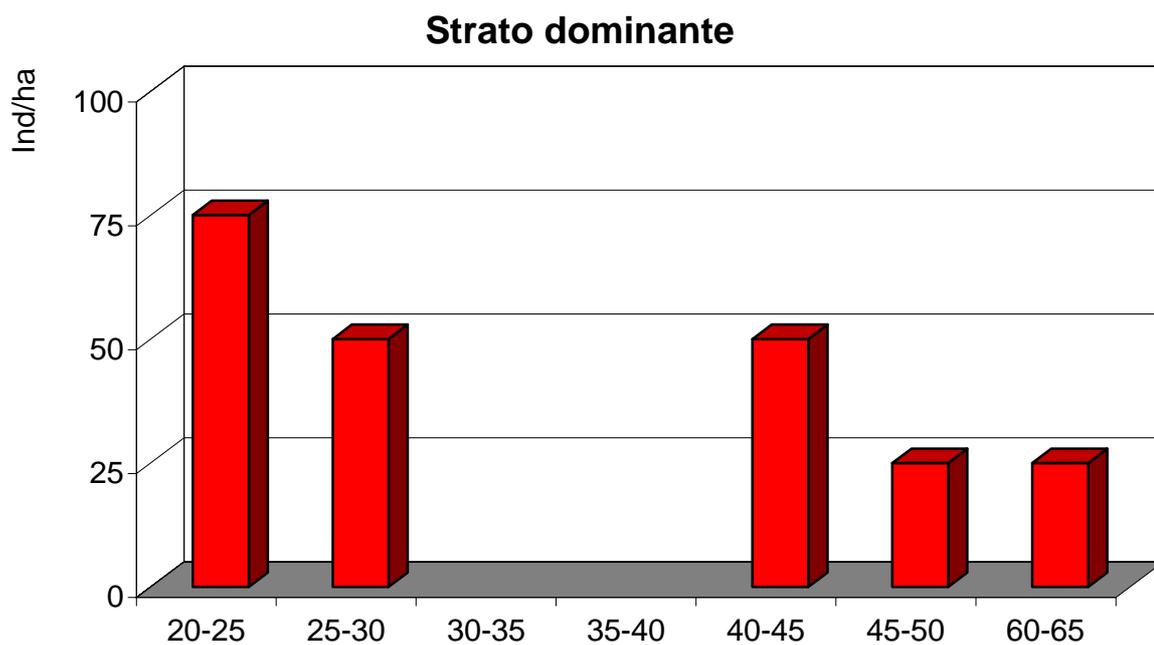


Fig. 37. Numero di individui in classi di diametro per le specie presenti nello strato dominante e dominato del bosco Miralago.

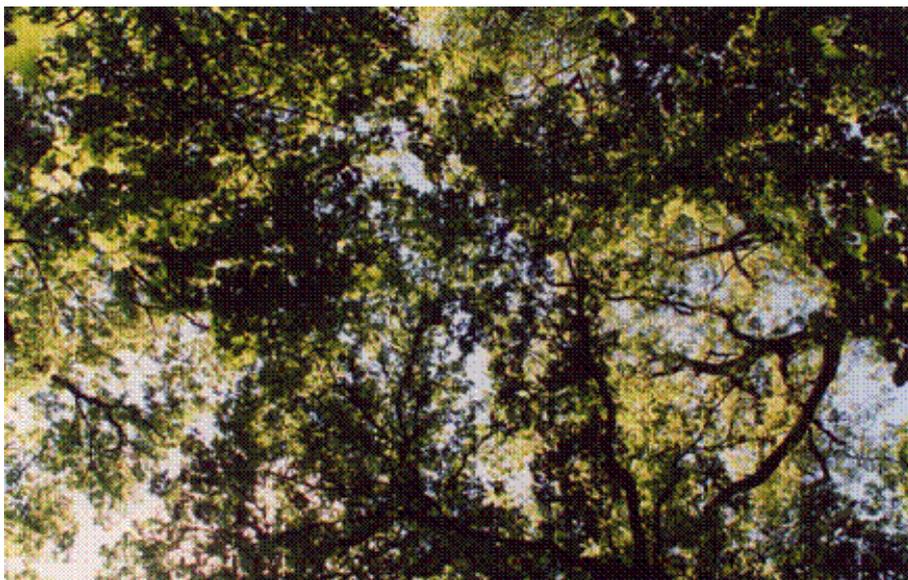


Fig. 33. Aspetto di un bosco misto di latifoglie presente nel Parco Chigi.

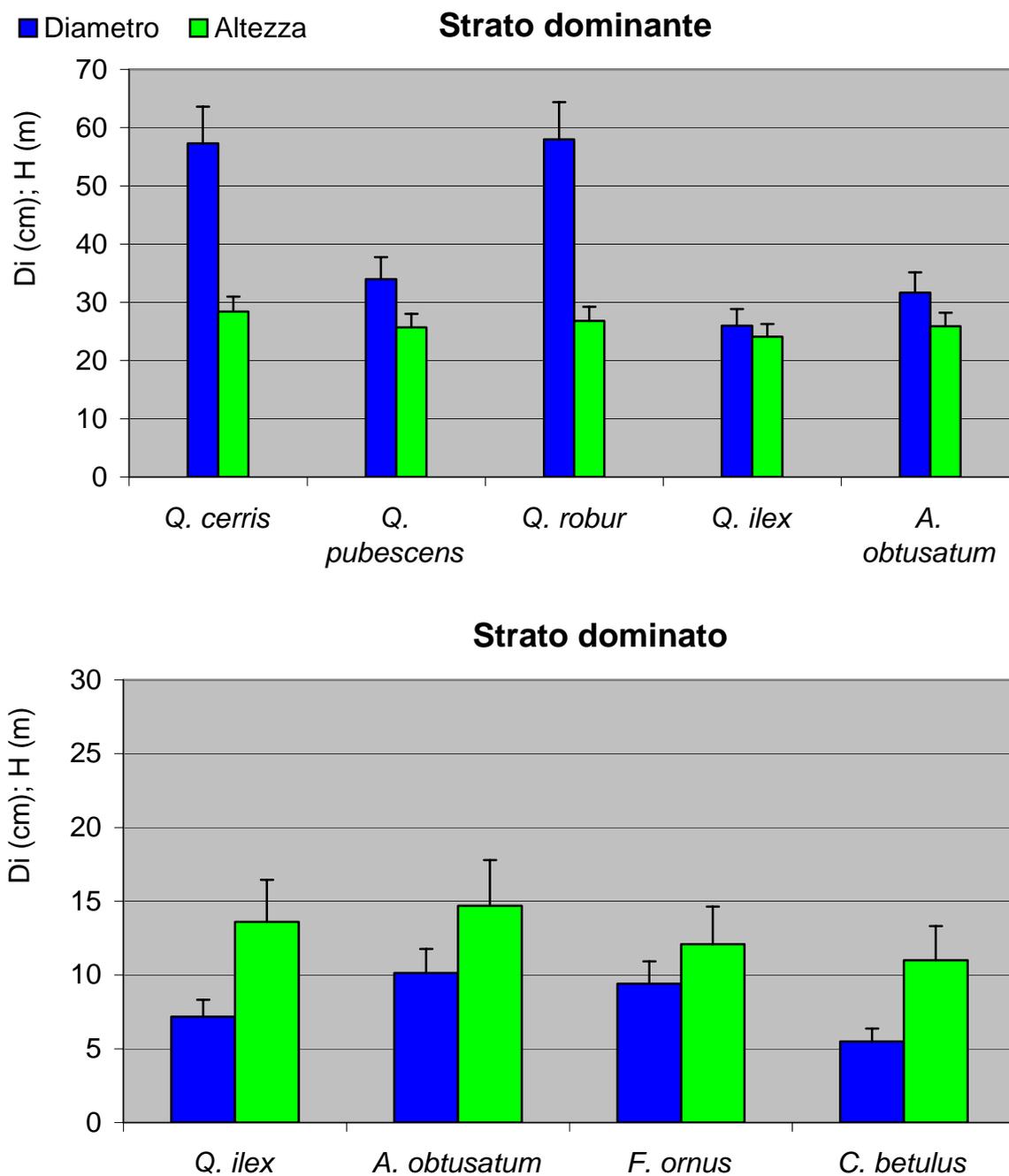


Fig. 39. Valori medi di diametro (Di) ed altezza (H) per le specie dello strato dominante e dominato del bosco misto di latifoglie presente nel Parco Chigi. E' mostrata la deviazione standard.

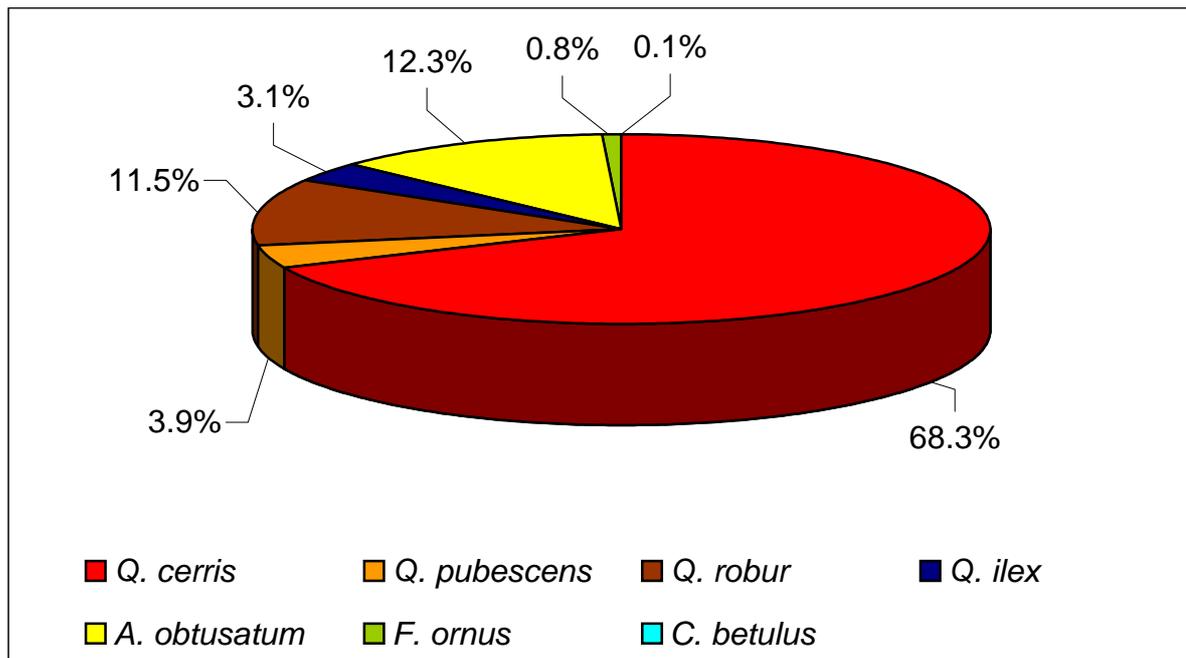


Fig. 40. Area basimetrica (%) delle specie dello strato arboreo del bosco misto di latifoglie presente nel Parco Chigi.

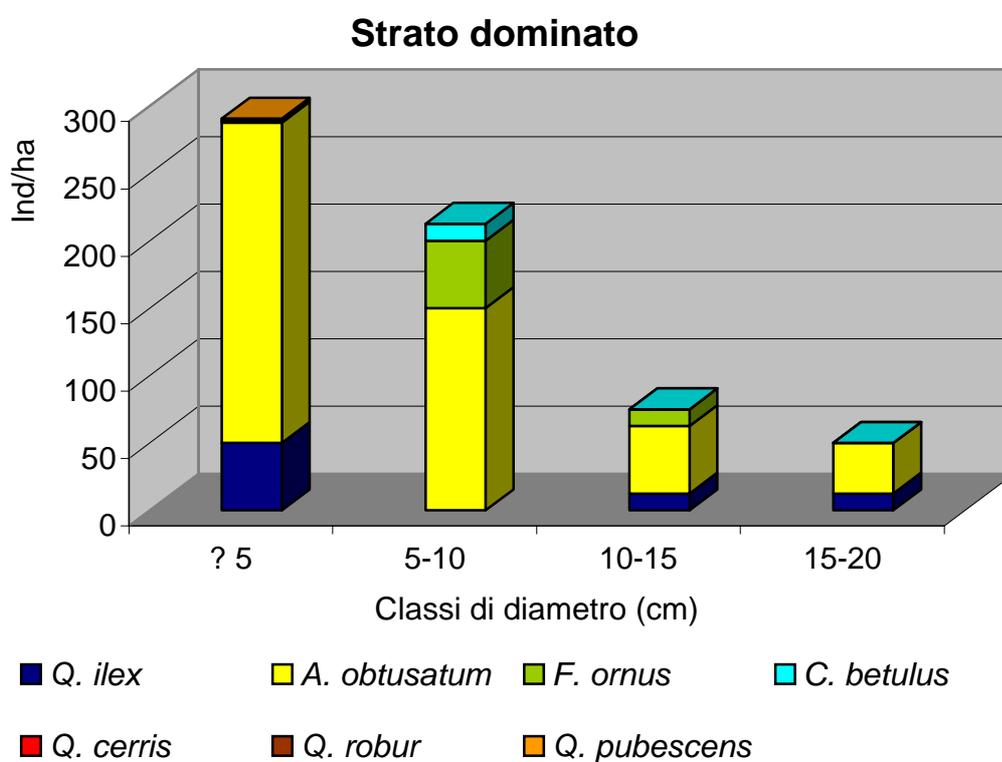
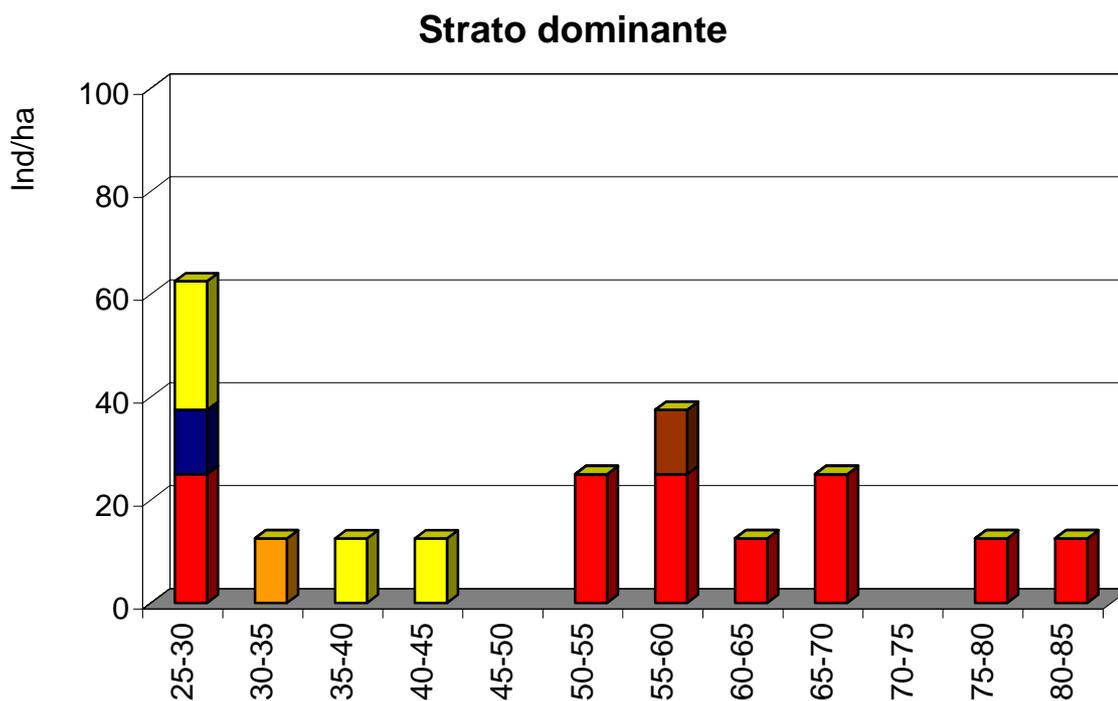


Fig. 41. Numero di individui in classi di diametro per le specie dello strato dominante e dominato del bosco misto di latifoglie presente nel Parco Chigi.



Fig. 42. Aspetto di un bosco misto di latifoglie presente nel Vallone Tempesta.

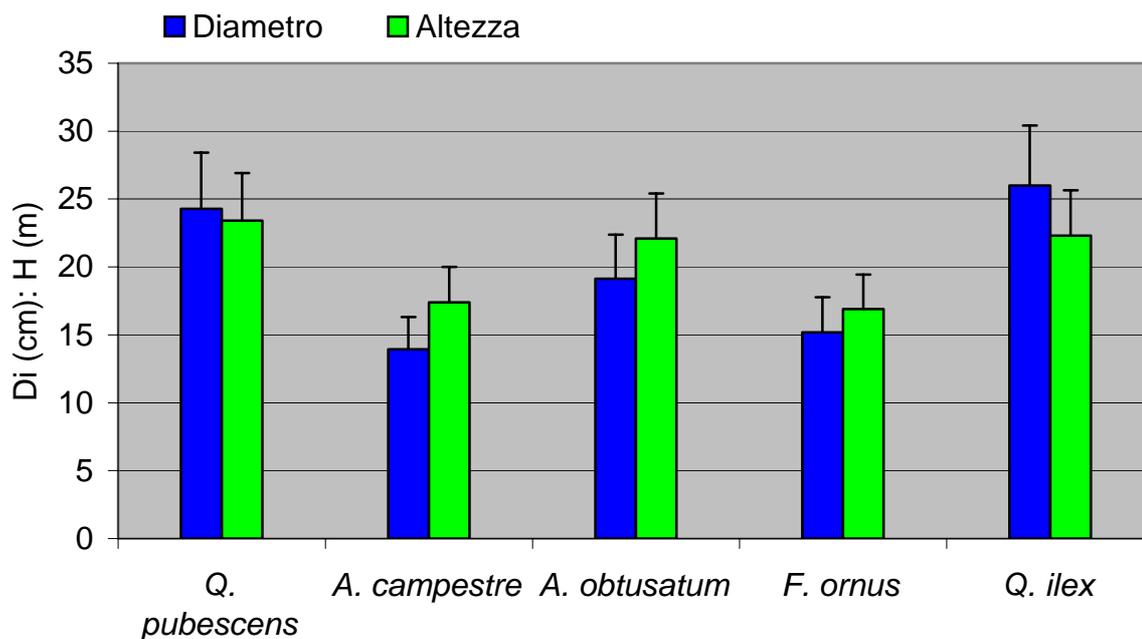


Fig. 43. Valori medi di diametro (Di) ed altezza (H) delle specie dello strato arboreo del bosco misto di latifoglie presente a Vallone Tempesta. E' mostrata la deviazione standard.

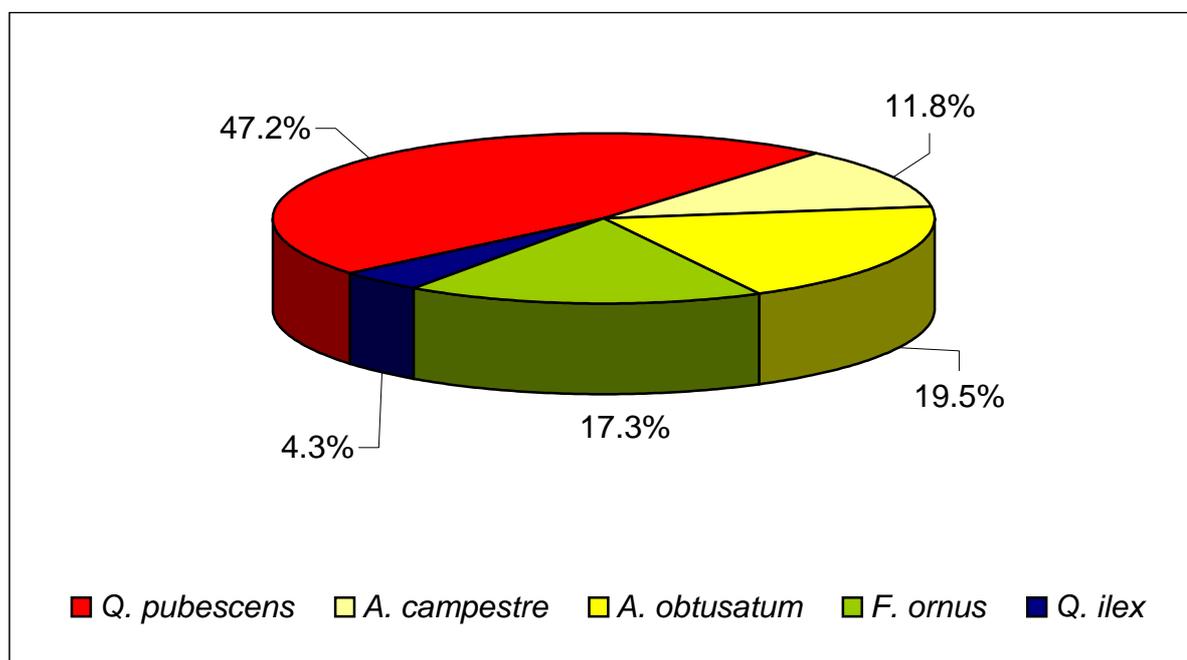
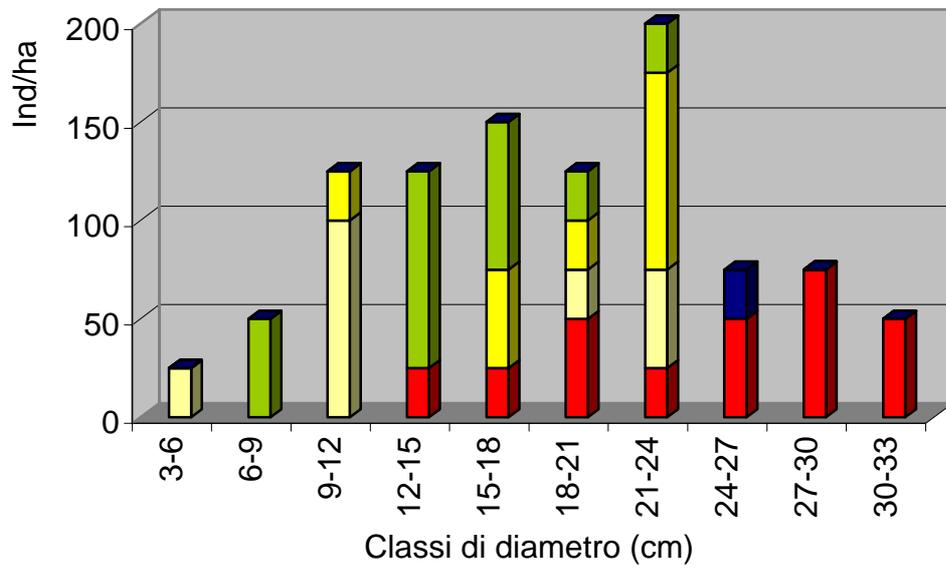


Fig. 44. Area basimetrica (%) delle specie dello strato arboreo del bosco misto di latifoglie presente a Vallone Tempesta.



■ *Q. pubescens* ■ *A. campestre* ■ *A. obtusatum* ■ *F. ornus* ■ *Q. ilex*

Fig. 45. Numero di individui in classi di diametro delle specie dello strato arboreo del bosco misto di latifoglie presente a Vallone Tempesta.

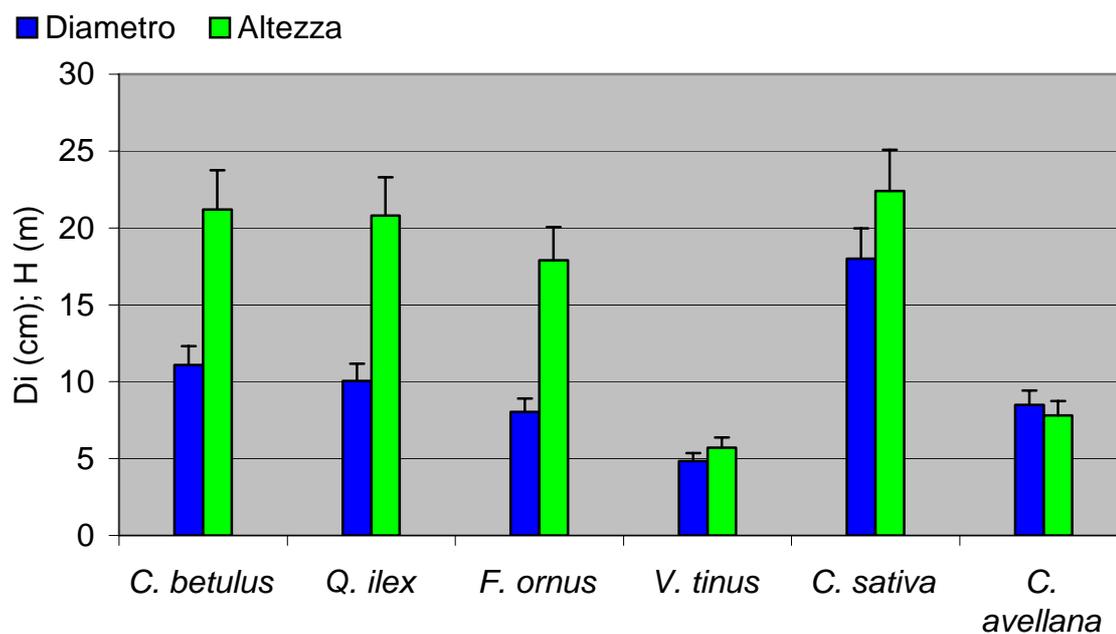


Fig. 46. Valori medi di diametro (Di) ed altezza (H) delle specie dello strato arboreo dei boschi misti a dominanza di *C. betulus* e di *Q. ilex* presenti nel versante esposto a nord del Lago di Albano. E' mostrata la deviazione standard.

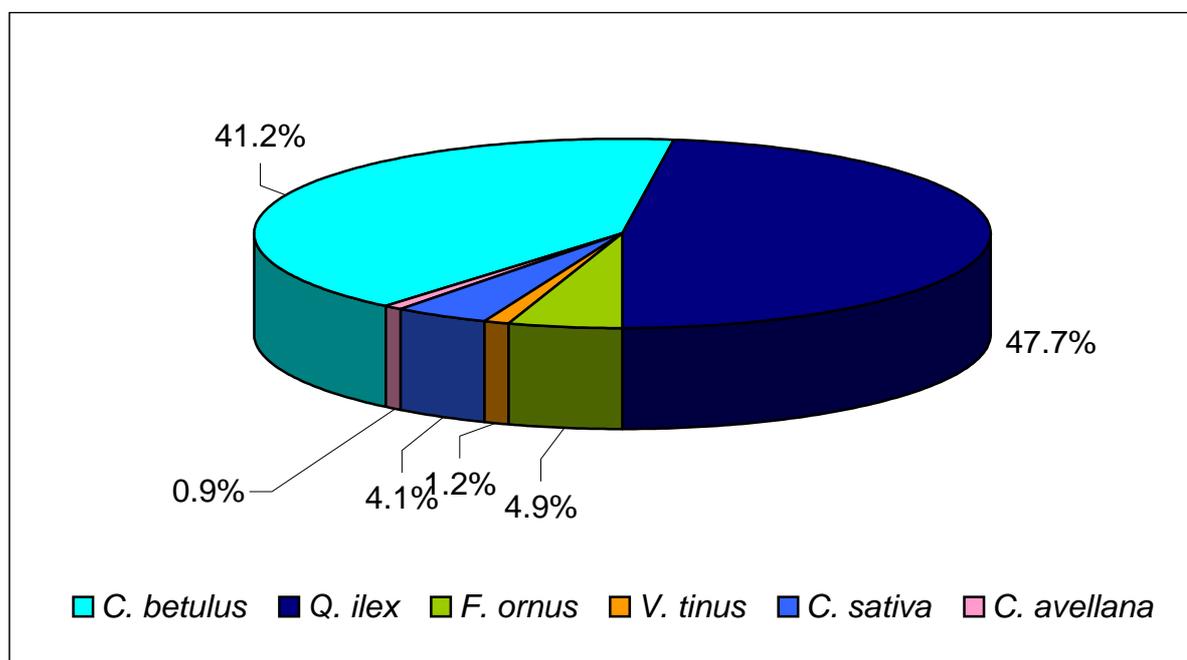


Fig. 47. Area basimetrica (%) delle specie dello strato arboreo dei boschi misti a dominanza di *C. betulus* e di *Q. ilex* presenti nel versante esposto a nord del Lago di Albano.

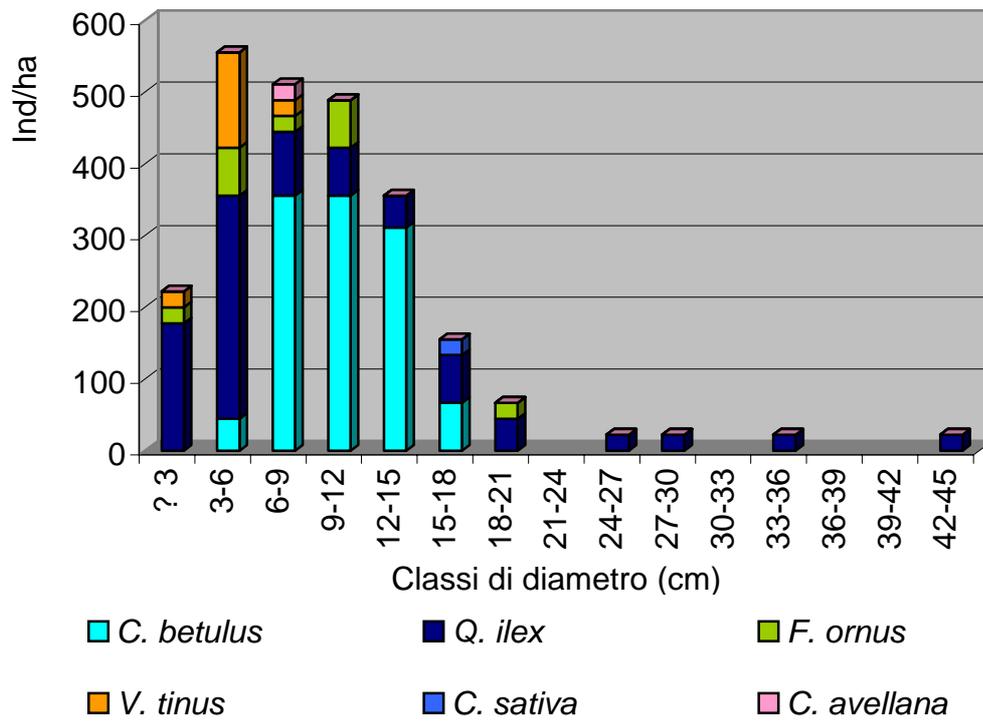


Fig. 48. Numero di individui in classi di diametro delle specie dello strato arboreo dei boschi misti a dominanza di *C. betulus* e di *Q. ilex* presenti nel versante esposto a nord del Lago di Albano.

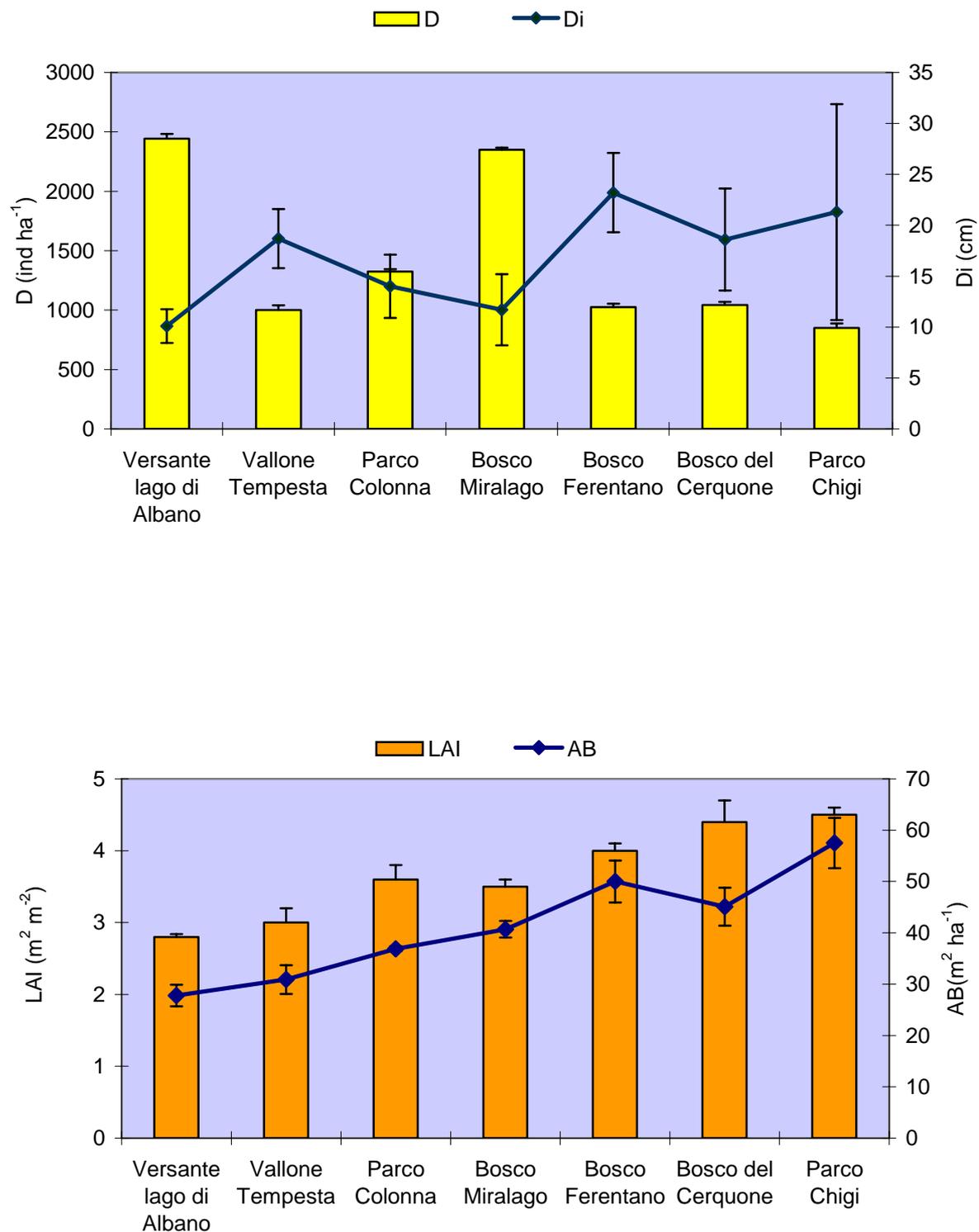


Fig. 49. Andamento degli individui (D), del diametro (Di), dell'indice di area fogliare (LAI) e dell'area basimetrica (AB) nei boschi misti di latifoglie presenti nel Parco dei Castelli.



Fig. 50. Aspetto di un bosco a dominanza di *Q. ilex* presente nel Bosco dei Cappuccini.

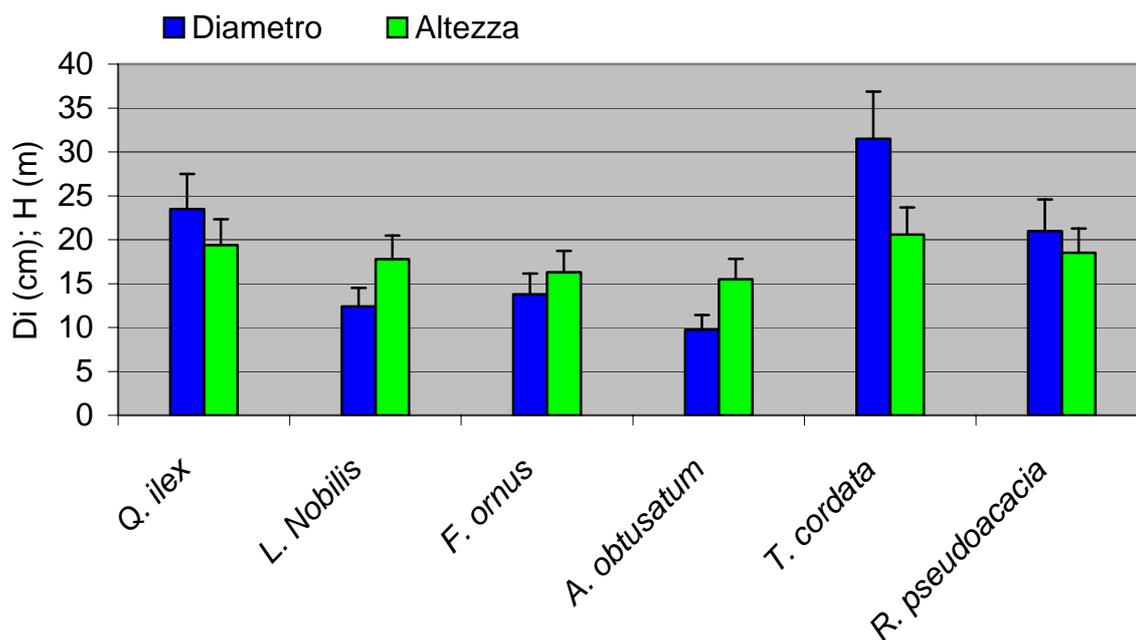


Fig. 51. Valori medi di diametro (Di) ed altezza (H) delle specie dello strato arboreo del bosco dei Cappuccini a dominanza di *Q. ilex*. E' mostrata la deviazione standard.

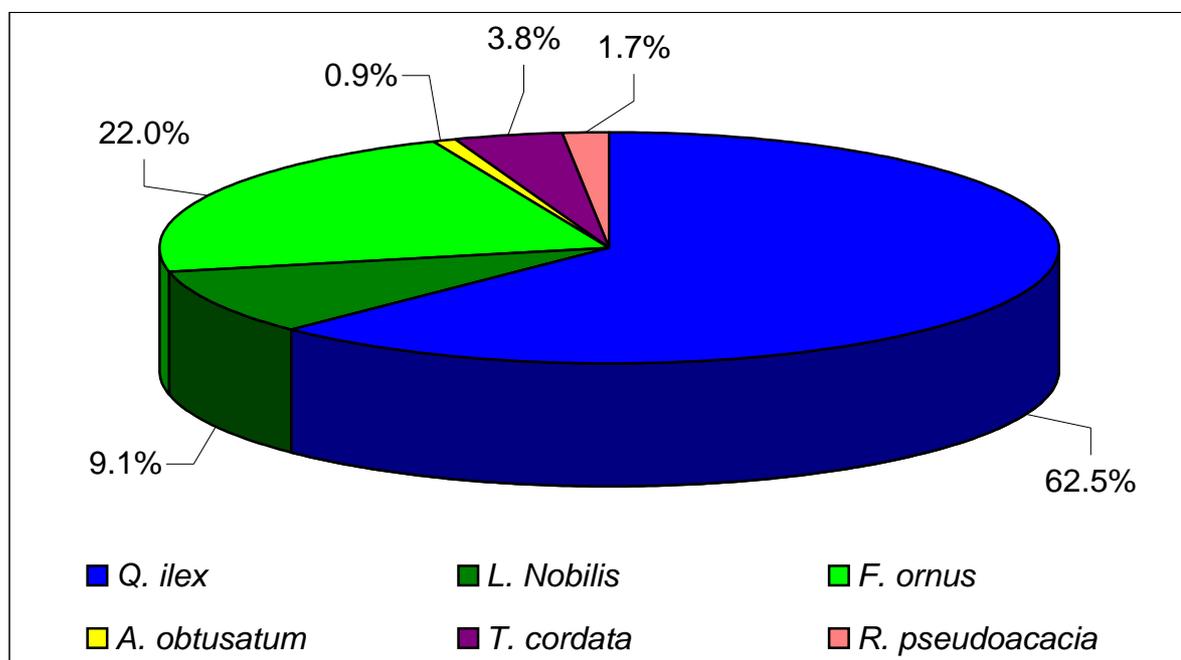


Fig. 52. Area basimetrica (%) delle specie dello strato arboreo del bosco dei Cappuccini a dominanza di *Q. ilex*.

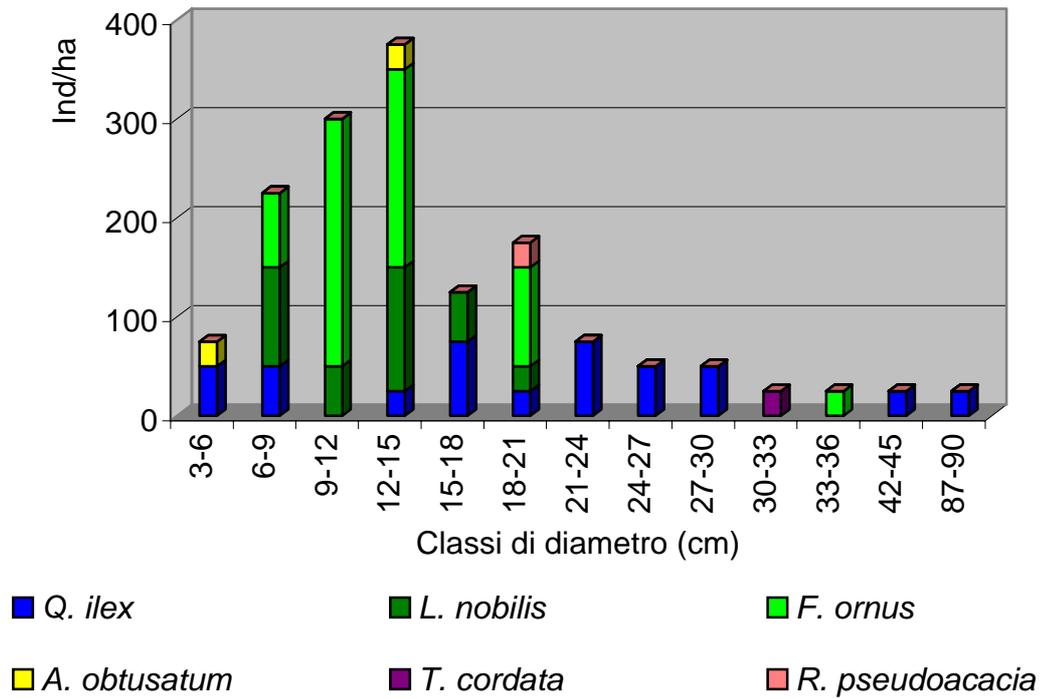


Fig.53. Numero di individui in classi di diametro delle specie dello strato arboreo del bosco dei Cappuccini a dominanza di *Q. ilex*.

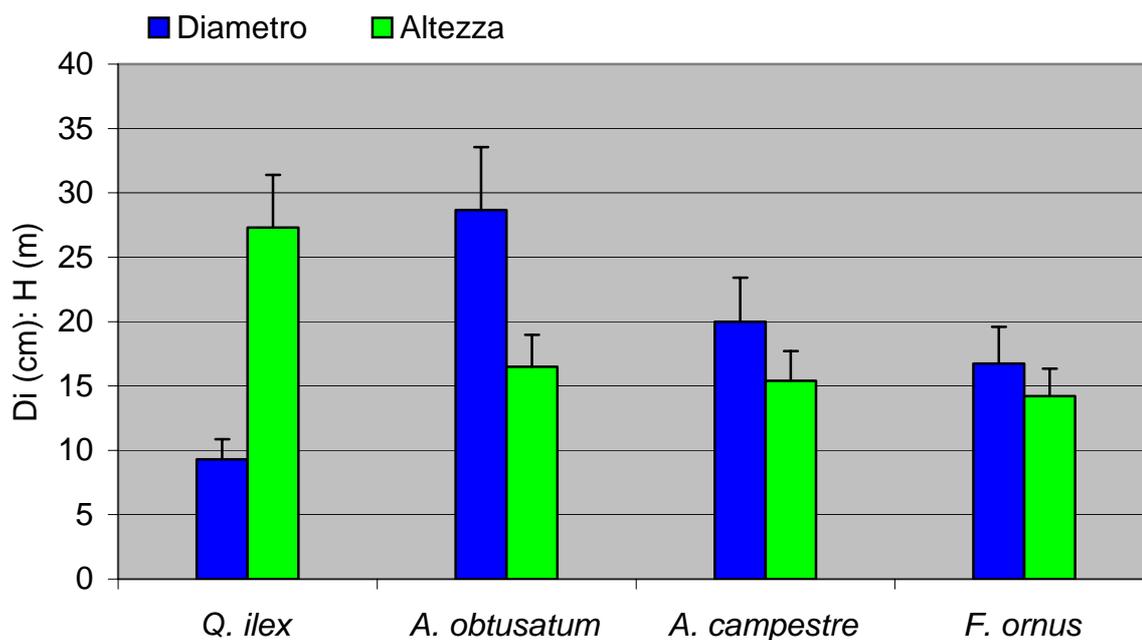


Fig. 54. Valori medi di diametro (Di) ed altezza (H) delle specie dello strato arboreo del bosco a dominanza di *Q. ilex* presente nel Parco Colonna. E' mostrata la deviazione standard.

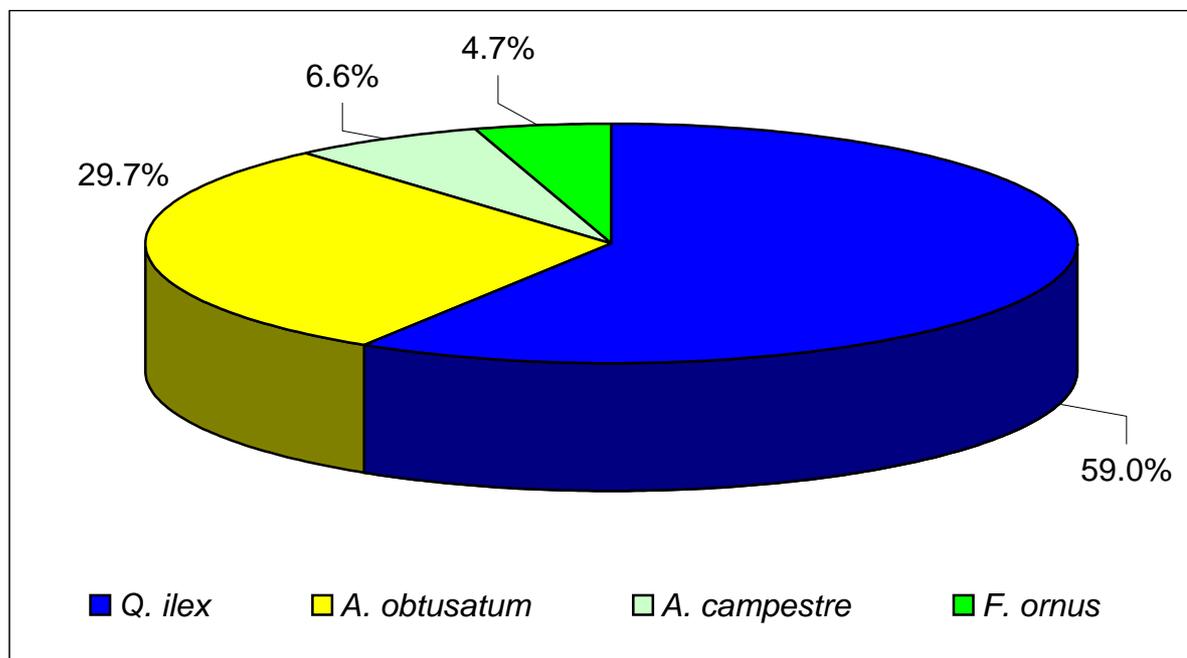


Fig. 55. Area basimetrica (%) delle specie dello strato arboreo del bosco a dominanza di *Q. ilex* presente nel Parco Colonna.

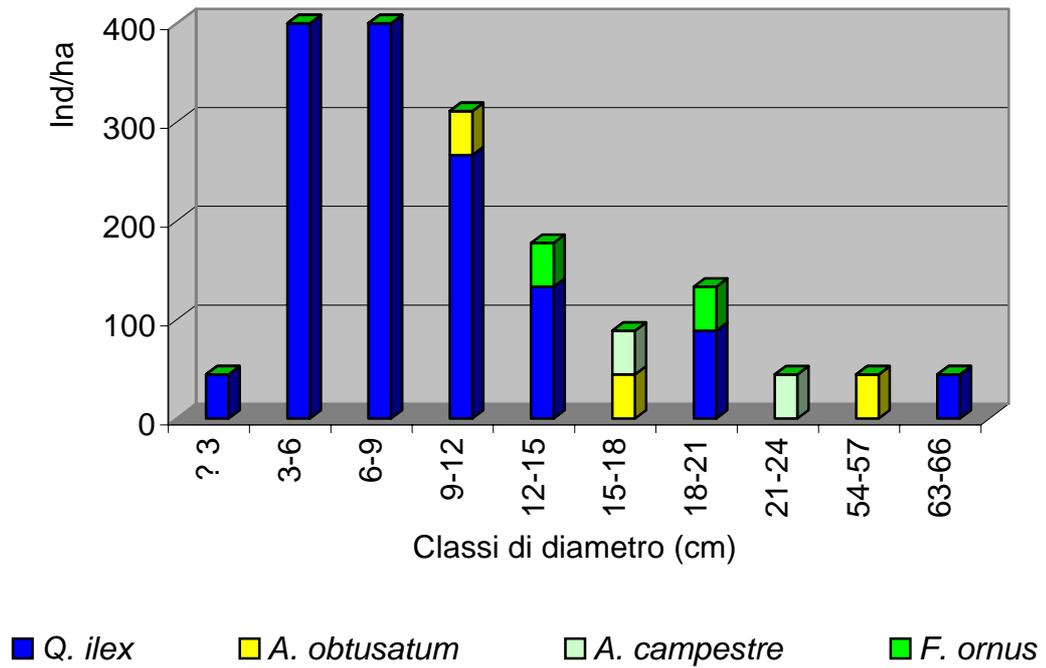


Fig. 56. Numero di individui in classi di diametro delle specie dello strato arboreo del bosco a dominanza di *Q. ilex* presente nel Parco Colonna.



Fig. 57. Aspetto di un bosco a dominanza di *Q. ilex* presente nel Parco Chigi.

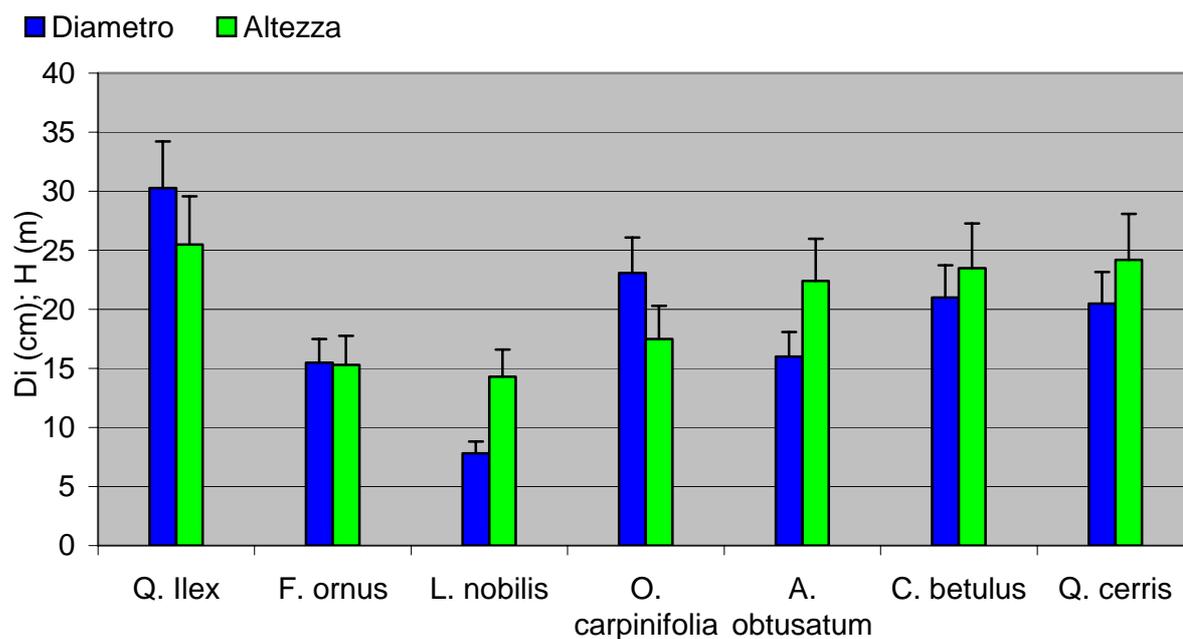


Fig.58. Valori medi di diametro (Di) ed altezza (H) delle specie dello strato arboreo della lecceta presente nel Parco Chigi.

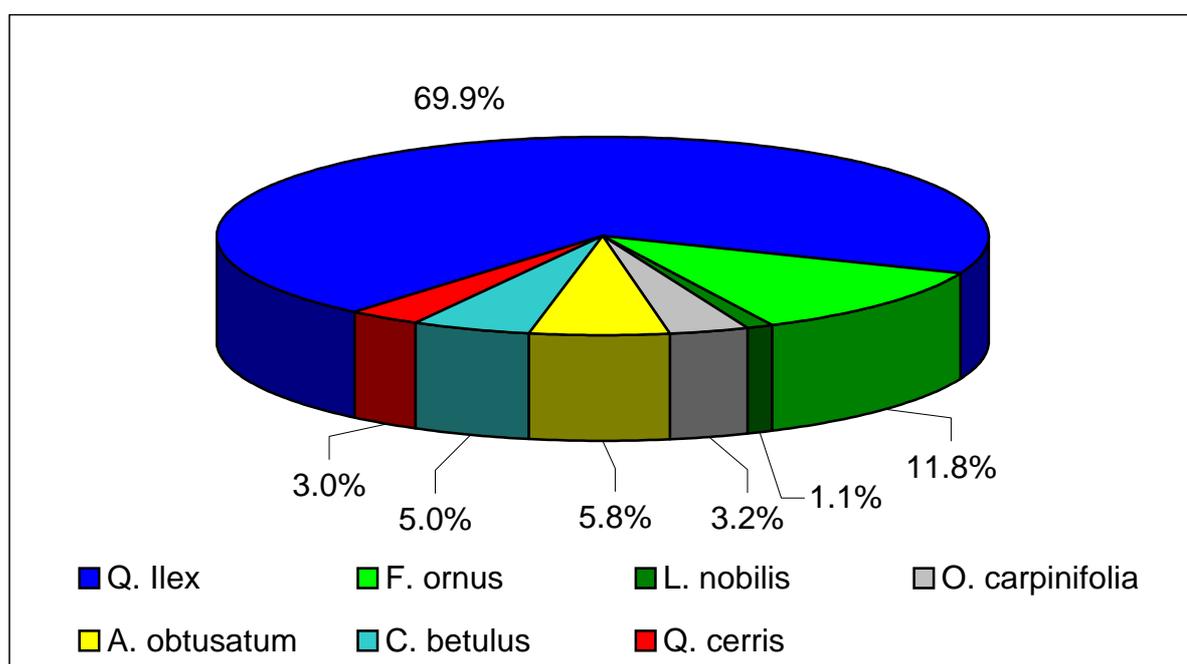


Fig. 59. Area basimetrica (%) delle specie dello strato arboreo della lecceta presente nel Parco Chigi.

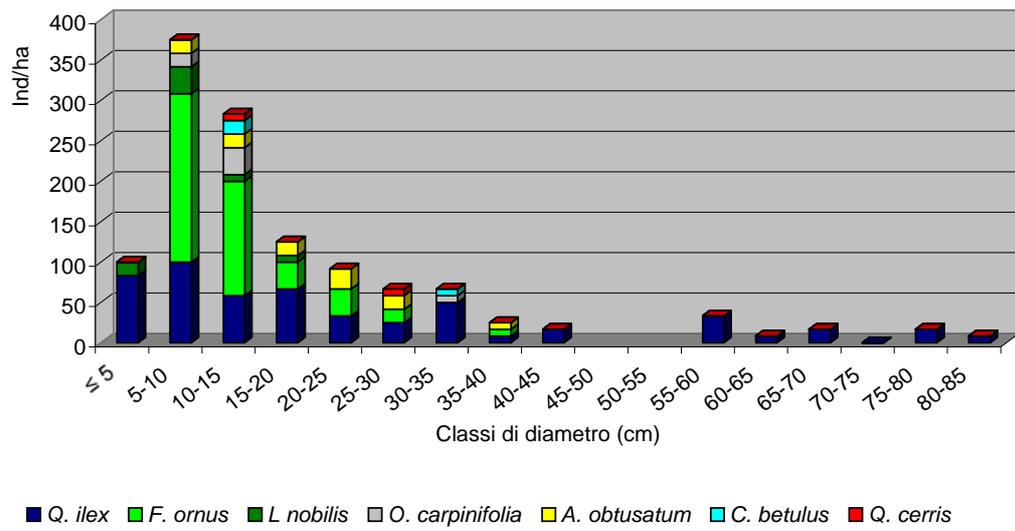


Fig.60. Numero di individui in classi di diametro delle specie dello strato arboreo della lecceta presente nel Parco Chigi. *pubescens*.



Fig. 61. Aspetto di boscaglie a dominanza di *Q. ilex* presente in ambienti rupestri.

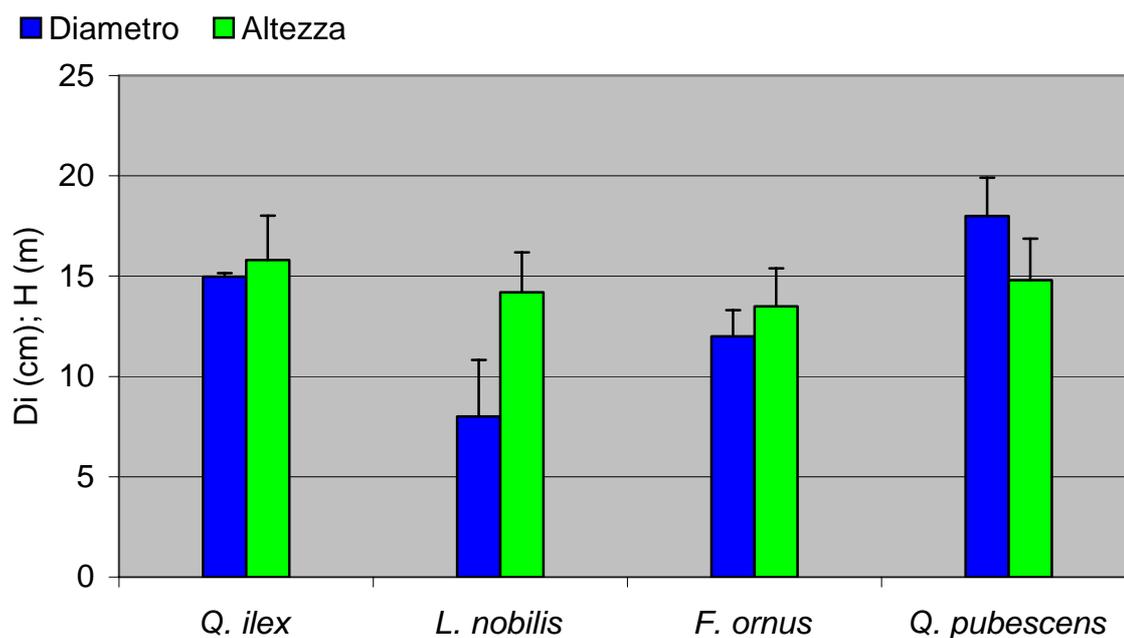


Fig. 62. Valori medi di diametro (Di) ed altezza (H) delle specie dello strato arboreo delle leccete rupestri. E' mostrata la deviazione standard.

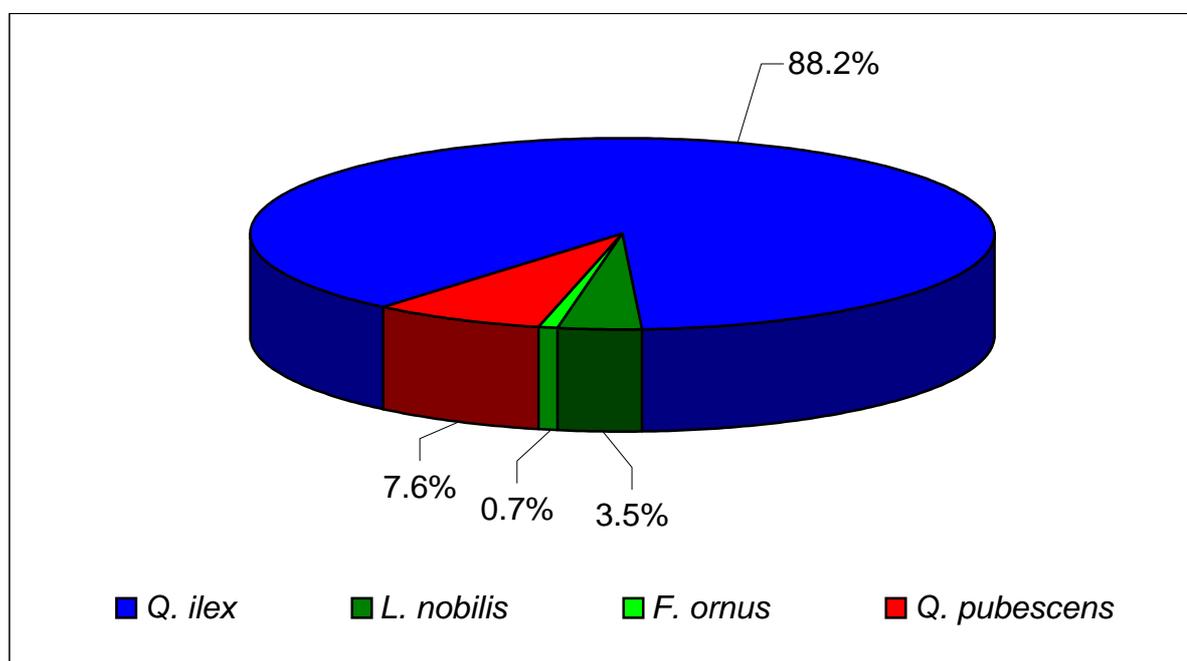


Fig. 63. Area basimetrica (%) delle specie dello strato arboreo delle leccete rupestri.

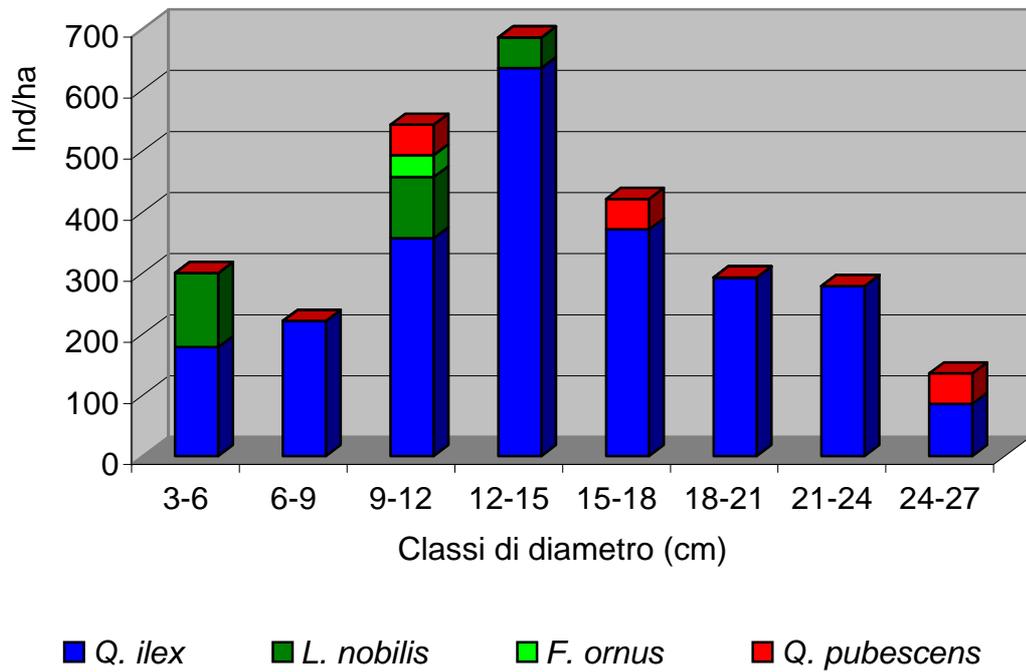


Fig. 64. Numero di individui in classi di diametro delle specie dello strato arboreo delle leccete rupestri.

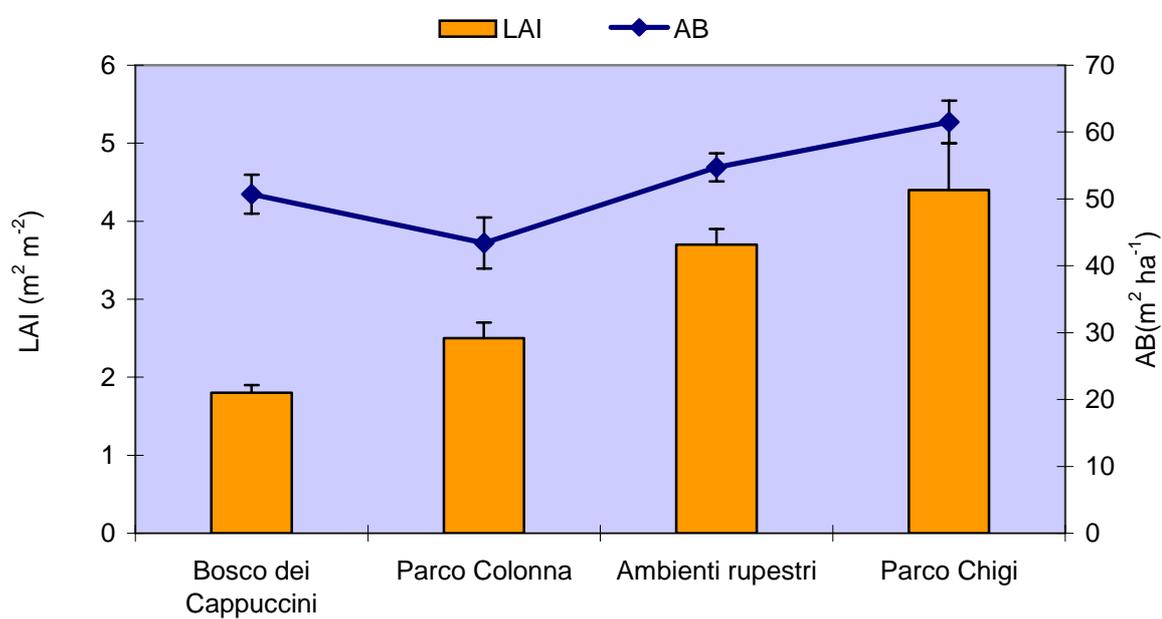
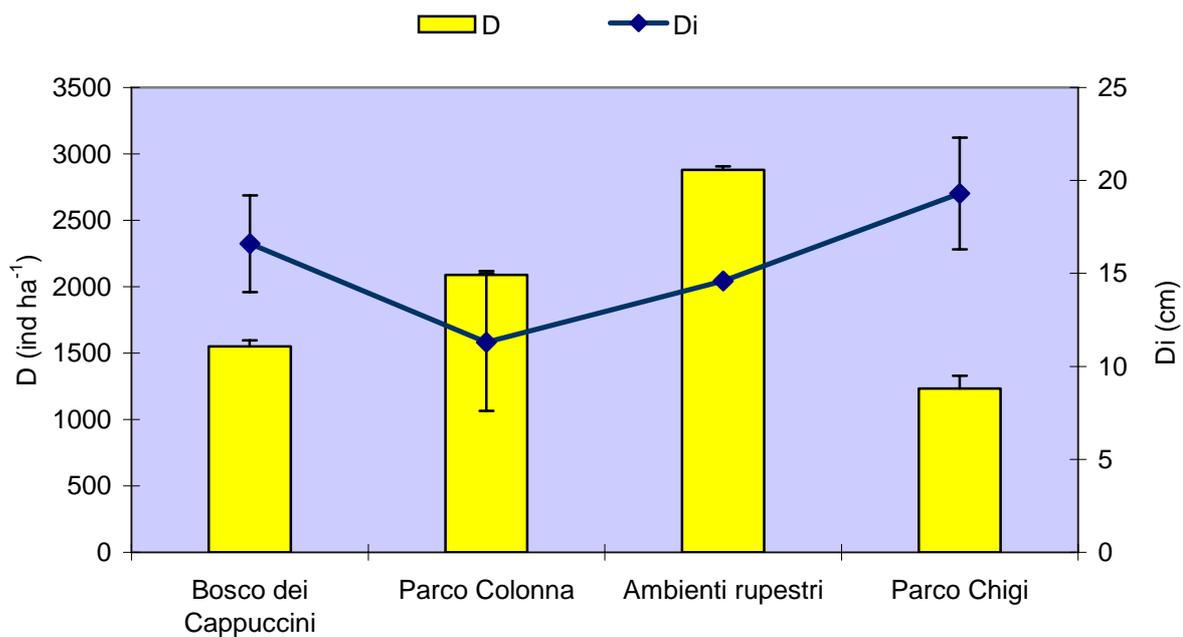


Fig. 65. Andamento degli individui (D), del diametro (Di), dell'indice di area fogliare (LAI) e dell'area basimetrica (AB) nei boschi e boscaglie a dominanza di *Q. ilex* presenti nel Parco dei Castelli.



Fig. 66. Aspetto di boscaglia a dominanza di *Q. pubescens* presente nel versante esposto a sud del lago di Albano.

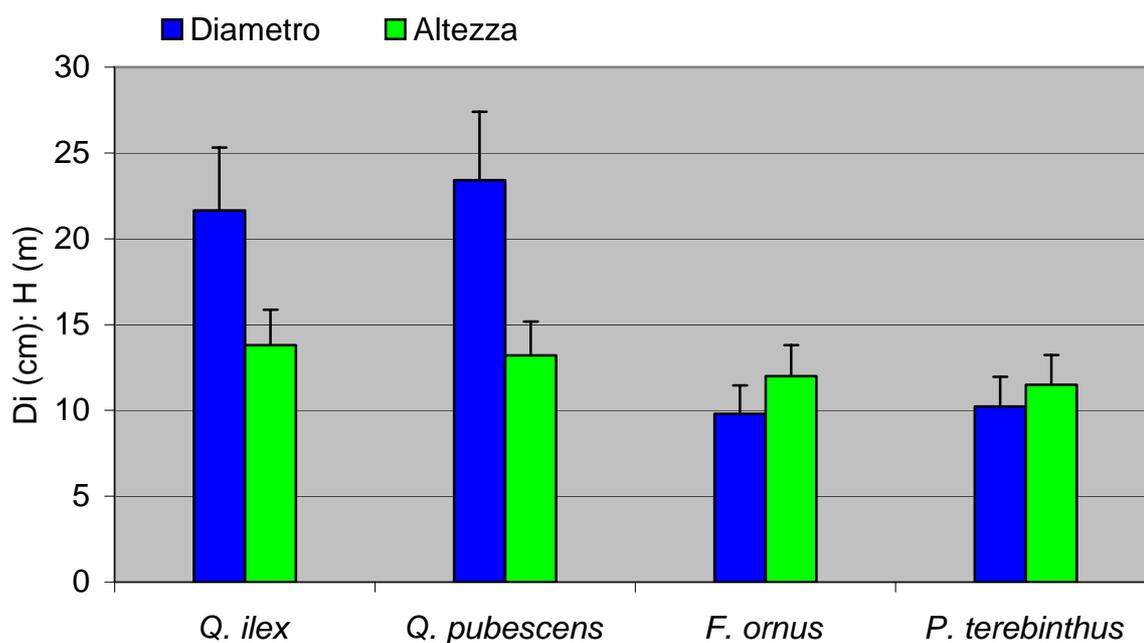


Fig. 67. Valori medi di diametro (Di) ed altezza (H) delle specie dello strato arboreo delle boscaglie a *Q. pubescens*. E' mostrata la deviazione standard.

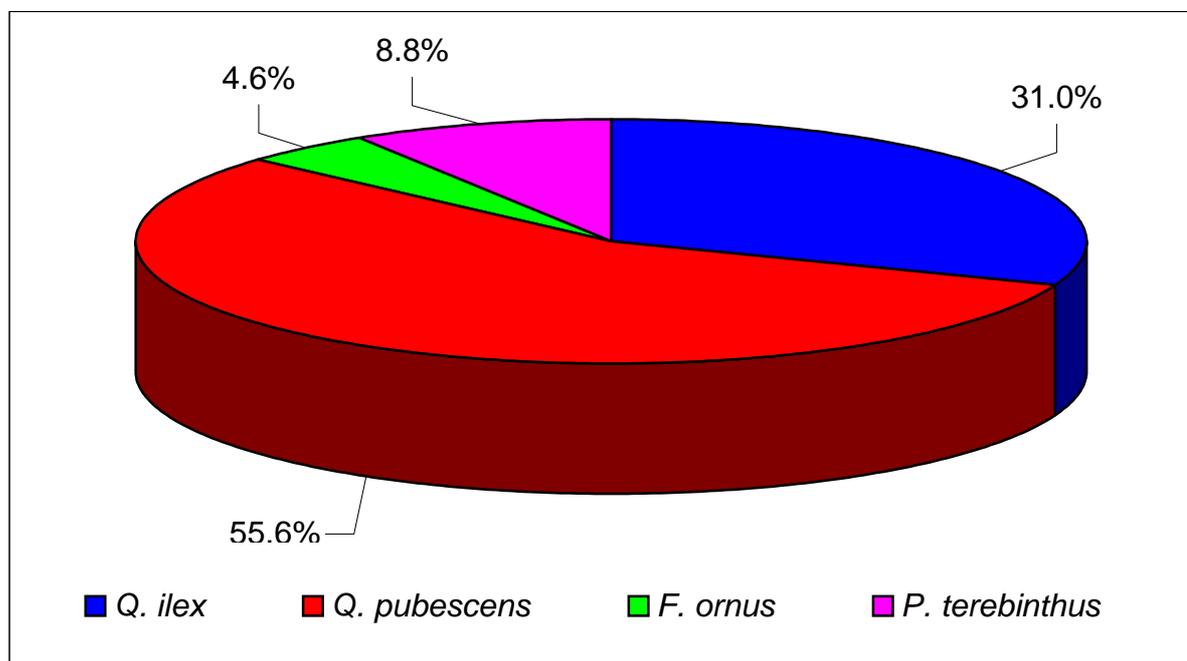


Fig. 68. Area basimetrica (%) delle specie dello strato arboreo delle boscaglie a *Q. pubescens*.

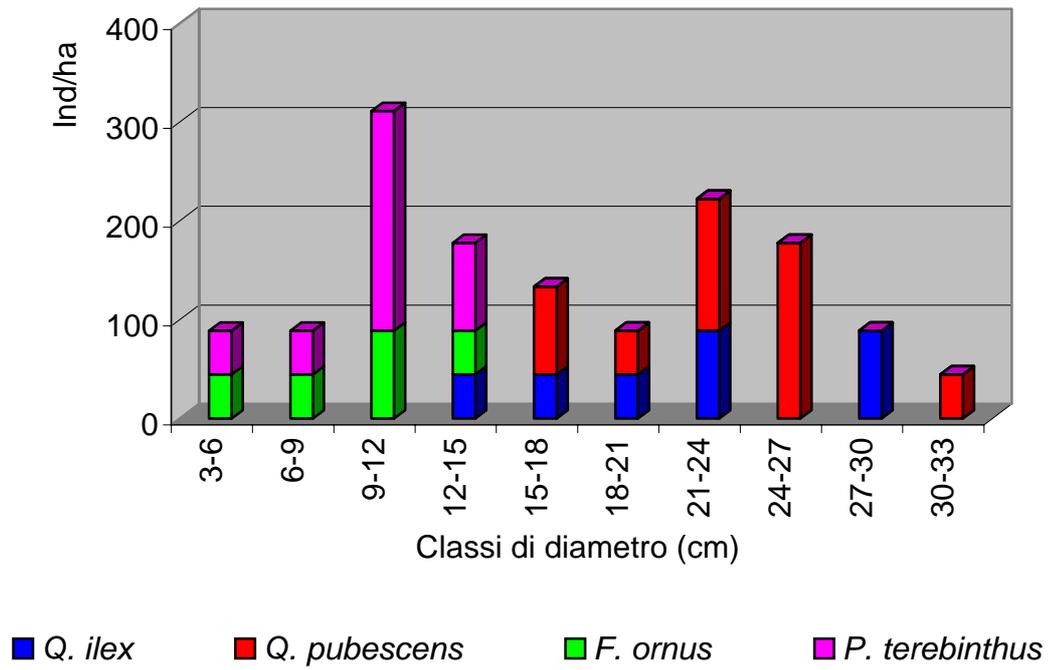


Fig. 69. Numero di individui in classi di diametro delle specie dello strato arboreo delle boscaglie a *Q. pubescens*.

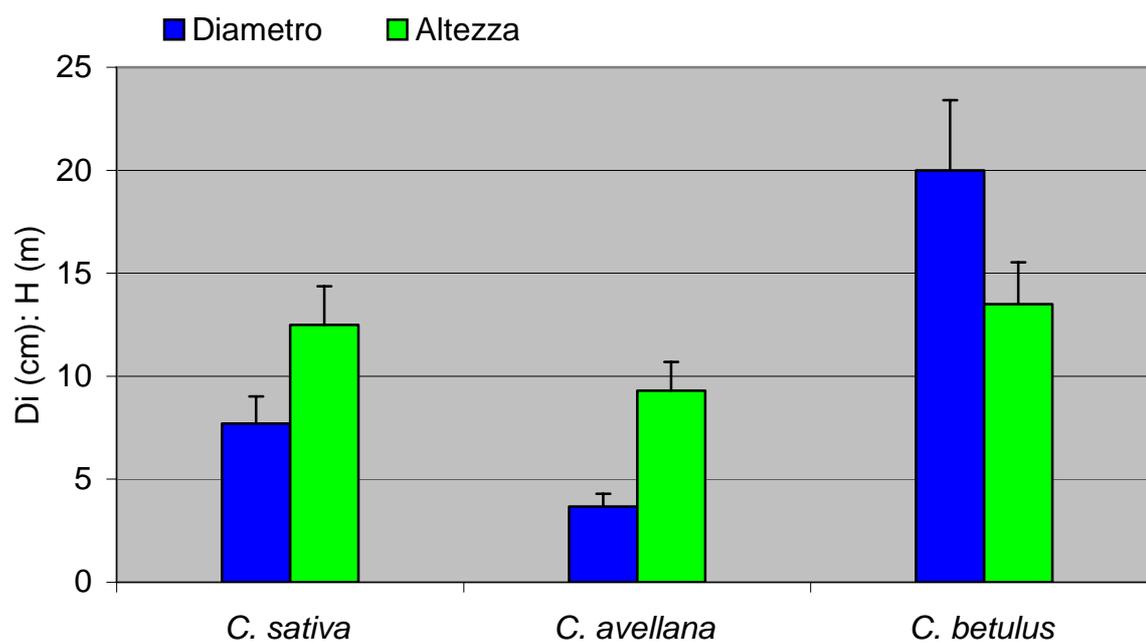


Fig. 70. Valori medi di diametro (Di) ed altezza (H) delle specie presenti negli arbusteti a *C. avellana*. E' mostrata la deviazione standard.

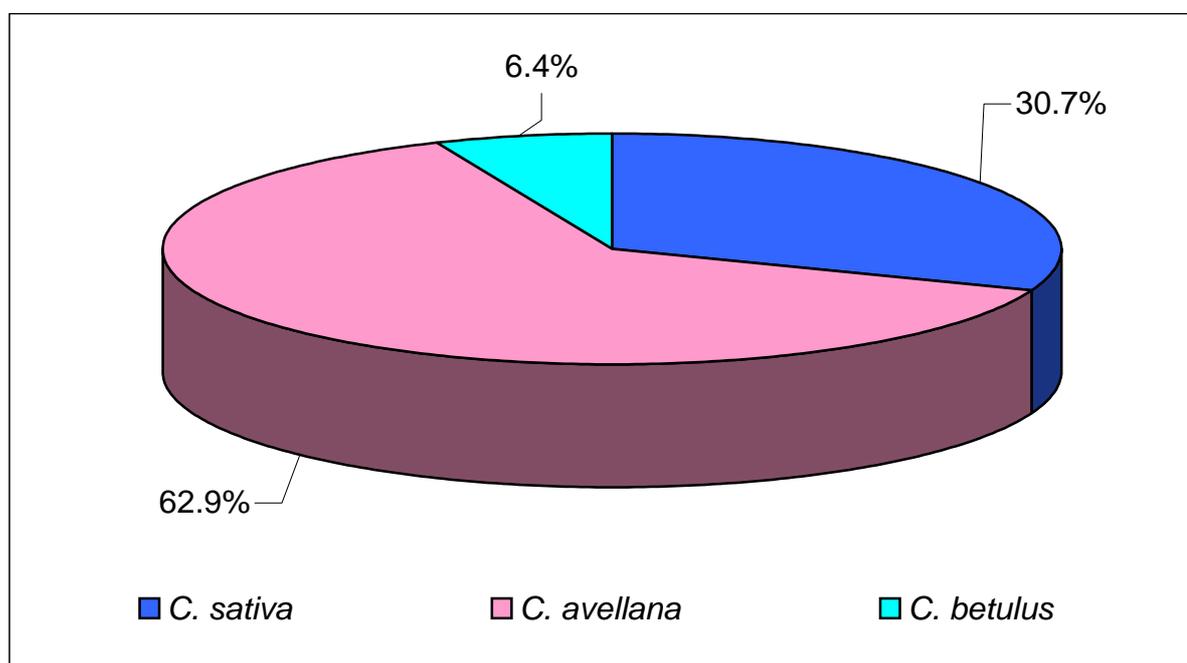


Fig. 71. Area basimetrica (%) delle specie presenti negli arbusteti a *C. avellana*.

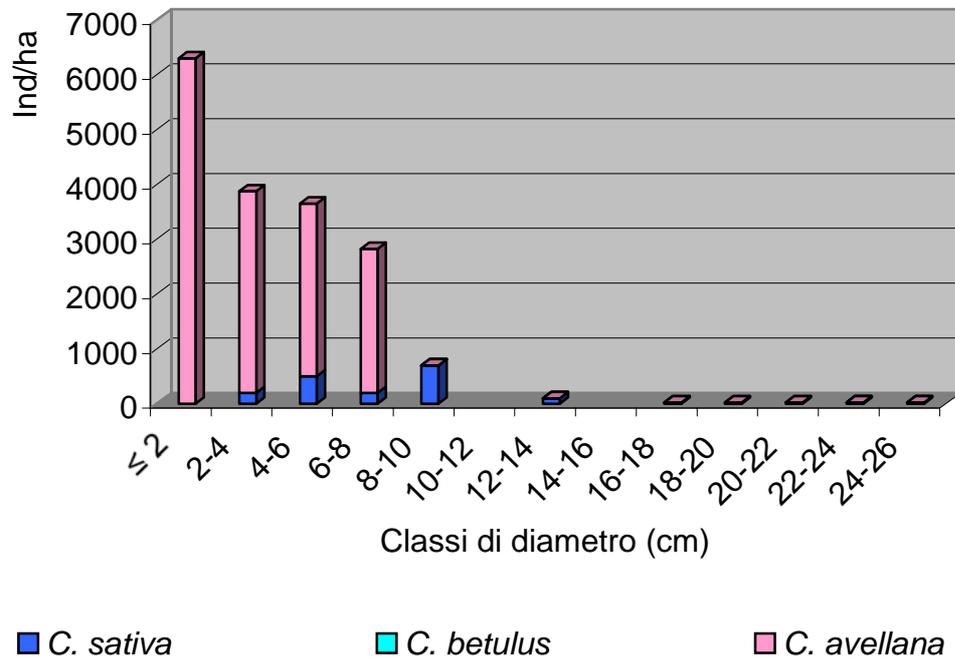


Fig. 72. Numero di individui in classi di diametro delle specie presenti negli arbusteti a *C. avellana*.



Fig. 73. Pinete a *P. pinea*.

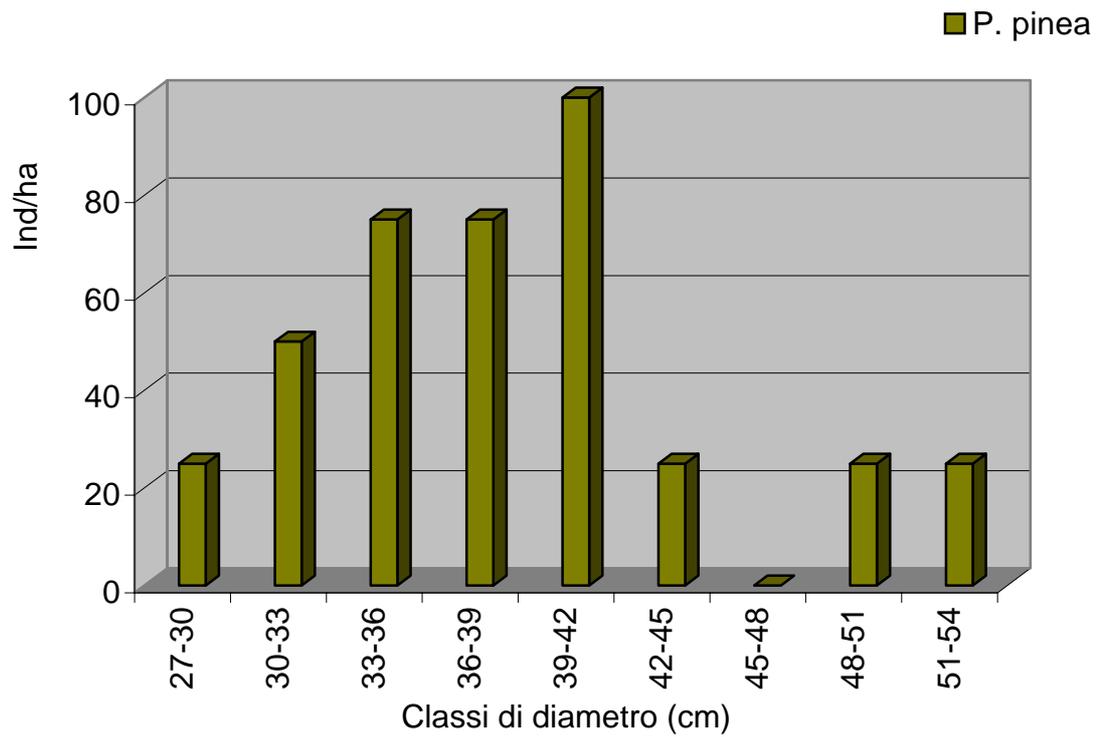


Fig. 74. Numero di individui in classi di diametro presenti nelle pinete a *P. pinea*.

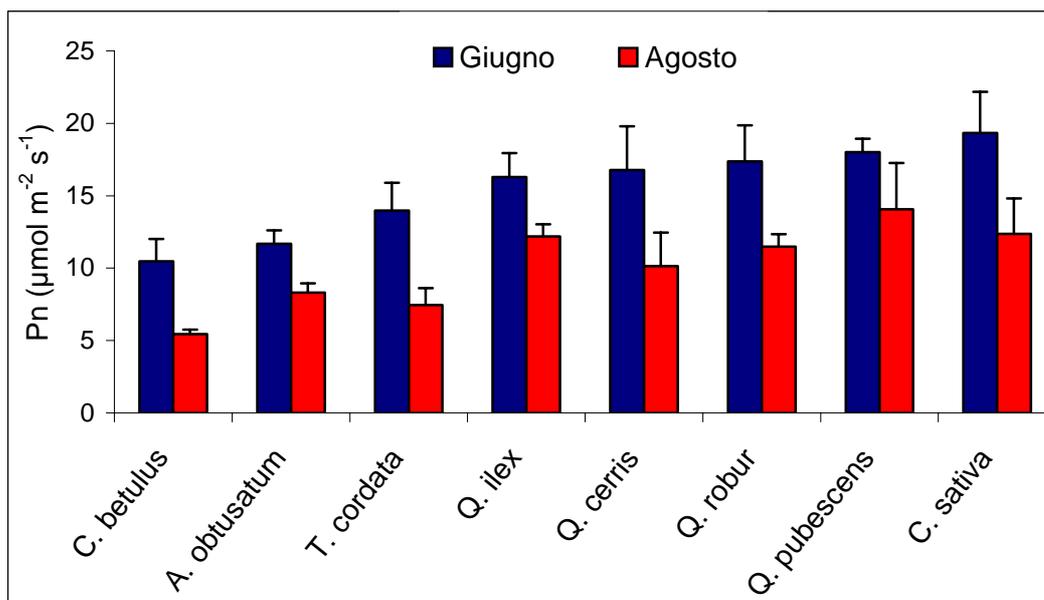


Fig. 75. Tassi di fotosintesi netta (P_n) delle specie esaminate nei boschi residuali del Parco dei Castelli Romani, misurati in Giugno (media dei giorni 4-11-18-23-25 Giugno 2004) ed in Agosto (media dei giorni 29- 30- 31 Agosto 2004).

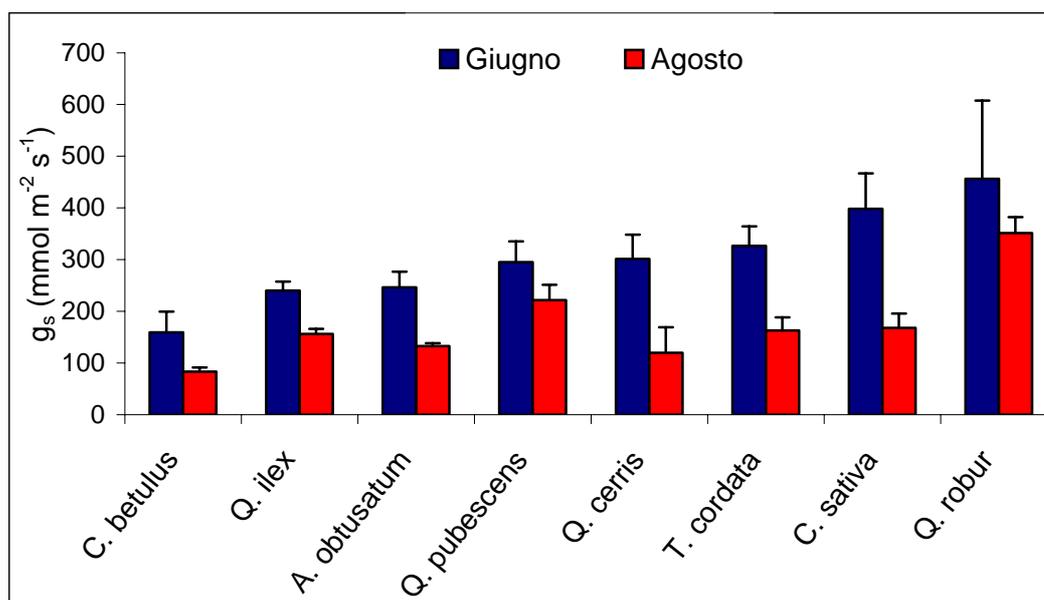


Fig. 76. Tassi di conduttanza stomatica (g_s) delle specie esaminate nei boschi residuali del Parco dei Castelli Romani, misurati in Giugno (media dei giorni 4-11-18-23-25 Giugno 2004) ed in Agosto (media dei giorni 29- 30- 31 Agosto 2004).

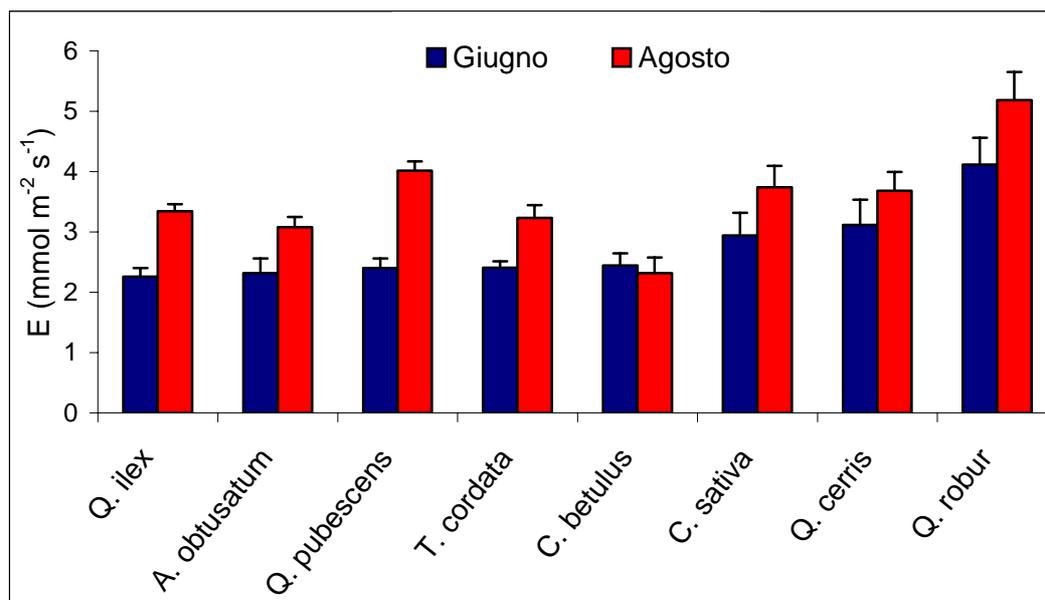


Fig. 77. Tassi di traspirazione (E) delle specie esaminate nei boschi residui del Parco dei Castelli Romani, misurati in Giugno (media dei giorni 4-11-18-23-25 Giugno 2004) ed in Agosto (media dei giorni 29- 30 31 Agosto 2004).

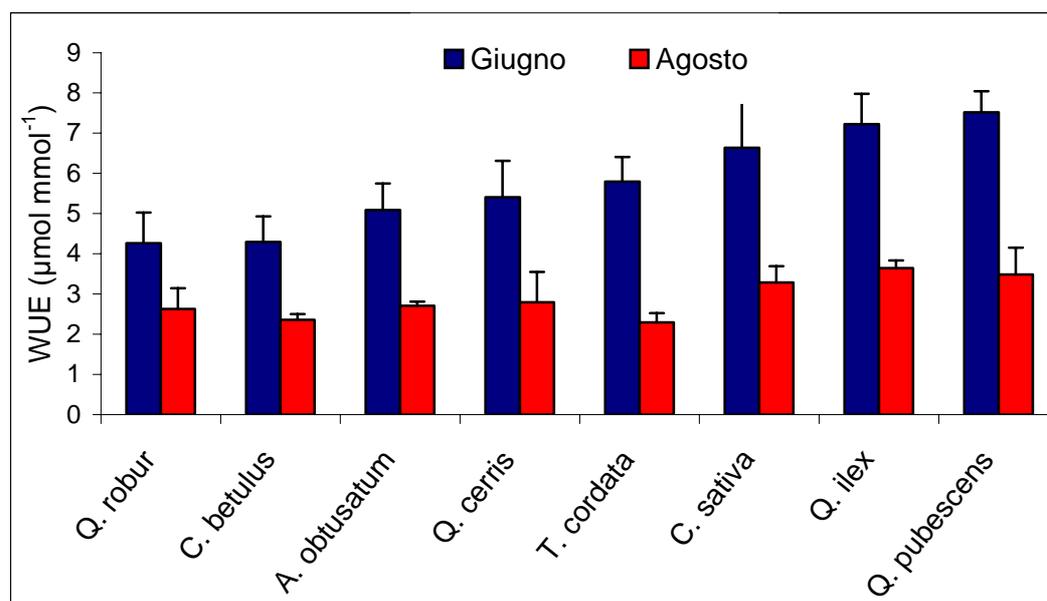


Fig. 78. Valori di efficienza di utilizzo dell'acqua (WUE) delle specie esaminate nei boschi residui del Parco dei Castelli Romani, in Giugno (media dei giorni 4-11-18-23-25 Giugno 2004) ed in Agosto (media dei giorni 29- 30-31 Agosto 2004).

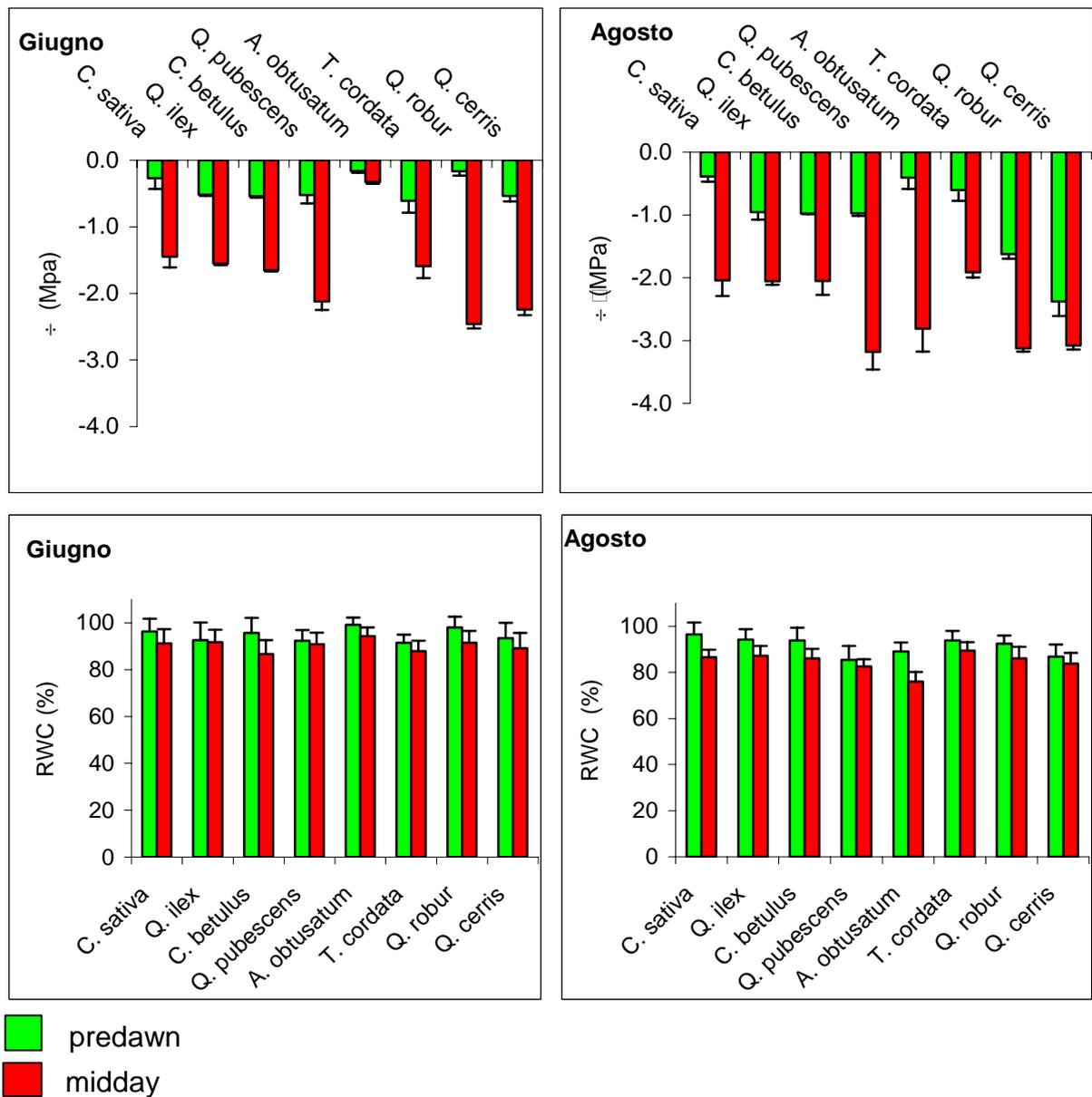


Fig. 79. Valori di potenziale idrico e di RWC misurati al predawn (ψ_{pd} e RWC_{pd}) e al midday (ψ_m e RWC_m) delle specie esaminate nei boschi residui del Parco dei Castelli Romani, misurati nei giorni 25/06/04 e 30/08/2004 per le specie considerate. È mostrata la deviazione standard.

	PS (mg)	SF (cm ²)	Sp (µm)	LMA (mg cm ⁻²)	SLA (cm ² g ⁻¹)	LTD (mg cm ⁻³)
<i>C. sativa</i>	717±95 ^a	79.7±18.5 ^a	206.5±32.5 ^a	9.1±2.1 ^a	115.5±28.4 ^a	475.6±31.5 ^a
<i>Q. robur</i>	309±79 ^b	35.3±6.1 ^b	190.3±13.6 ^{ad}	8.7±1.4 ^{ac}	117.6±17.7 ^{ac}	444.2±44.8 ^{ab}
<i>Q. pubescens</i>	363±59 ^b	34.8±5.3 ^b	203.7±29.6 ^{abd}	10.5±1.3 ^a	97.1±13.6 ^a	490.4±29.0 ^a
<i>Q. cerris</i>	329±89 ^b	33.2±8.7 ^b	209.6±22.0 ^a	10.0±1.4 ^a	102.0±15.5 ^a	473.2±39.1 ^a
<i>Q. ilex</i>	137±32 ^c	9.0±1.9 ^c	301.0±32.6 ^c	15.4±2.0 ^b	66.2±9.3 ^b	515.2±32.2 ^{ab}
<i>A. obtusatum</i>	251±60 ^{bc}	35.7±4.9 ^b	165.1±16.0 ^{bde}	7.0±1.3 ^d	148.1±28.5 ^{cd}	408.4±45.4 ^b
<i>C. betulus</i>	206±51 ^{bc}	27.4±6.7 ^b	160.2±14.9 ^{be}	7.6±1.0 ^{cd}	134.0±19.1 ^{cd}	441.6±40.0 ^{ab}
<i>T. cordata</i>	254±85 ^{bc}	37.5±8.7 ^b	172.3±11.3 ^{ae}	6.6±0.8 ^d	152.9±18.0 ^d	355.0±12.5 ^c

Tab 20. Tratti morfologici e anatomici fogliari di *C. sativa*, *Q. robur*, *Q. pubescens*, *Q. cerris*, *Q. ilex*, *A. obtusatum*, *C. betulus* e *T. cordata*. PS = peso secco fogliare, SF = proiezione della superficie fogliare, Sp = spessore fogliare, LMA = massa fogliare specifica, SLA = superficie fogliare specifica, LTD = densità tessutale. È mostrata la deviazione standard; le medie con le stesse lettere non sono significativamente differenti (ANOVA P < 0.05).