

# L'ITALIA

# FORESTALE E MONTANA

## RIVISTA DI POLITICA ECONOMIA E TECNICA

ANNO LVI - NUMERO 1 - GENNAIO-FEBBRAIO 2001

---

---

GIANFRANCO CALAMINI (\*) - ENRICO GREGORI (\*\*)

### STUDIO DI UNA FAGGETA DELL'APPENNINO PISTOIESE: RELAZIONI ALLOMETRICHE PER LA STIMA DELLA BIOMASSA EPIGEA

FDC 56: 176.1 *Fagus sylvatica*: (450.52)

*Viene proposto e discusso un insieme di equazioni per la stima della biomassa epigea individuato attraverso indagini condotte in tre fustaie pure coetanee di faggio dell'Appennino Tosco-Emiliano. Sessanta alberi campione stratificati per classe di diametro e posizione sociale sono stati allestiti nelle diverse componenti il fusto e la chioma; per due dei tre popolamenti quest'ultima è stata scomposta nei singoli rami e ricostruita per mezzo di relazioni di dettaglio ricavate da un set di 178 rami campione.*

*Dopo aver esposto i risultati per alcune variabili dei campioni prelevati (contenuto in acqua, spessore della corteccia, incremento diametrico, caratteristiche delle foglie), vengono illustrate le relazioni fra le grandezze relative agli alberi modello e individuate le migliori equazioni di stima delle componenti della biomassa a partire da variabili dendrometriche di facile rilievo. Il modello bilogaritmico è quello che ha sempre esibito il migliore adattamento alle osservazioni campionarie, con un numero di variabili in ingresso, valutato con una procedura di tipo stepwise, diverso da caso a caso. La biomassa del fusto può essere stimata in maniera adeguata utilizzando il diametro a 1.30 m dal suolo e l'altezza dendrometrica; le stesse variabili consentono di stimare la parte legnosa della chioma, anche se con un grado di accuratezza inferiore. Per la stima del peso secco delle foglie è opportuno ricorrere, oltre che al diametro, anche ad una variabile relativa all'altezza della chioma (altezza di inserzione, spessore); ciononostante l'errore standard delle stime rimane elevato.*

#### INTRODUZIONE

I popolamenti a prevalenza di faggio (*Fagus sylvatica* L.) costituiscono una importante realtà del paesaggio forestale appenninico, occupando

---

(\*) Dip. di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali dell'Università di Firenze, via S. Bonaventura 13, 50145 Firenze.

(\*\*) Istituto Sperimentale Studio e Difesa Suolo, piazza D'Azeglio 30, 50121 Firenze.

complessivamente circa 440.000 ettari (MINISTERO AGRICOLTURA E FORESTE, 1985).

A fronte di una consistente importanza economica nel settore legno (PREVOSTO, 1989) e del crescente interesse per una fruizione di tipo ricreativo, le conoscenze disponibili sulla produttività e sui processi funzionali dell'ecosistema faggeta risultano limitate (MATTEUCCI et al., 1999), tenuto conto anche della notevole variabilità delle tipologie di queste cenosi in funzione della combinazione delle diverse variabili ecostazionali (PIGNATTI, 1998; SCOPPOLA, 1999).

Questo lavoro rappresenta un ulteriore contributo alle indagini ormai ventennali condotte nelle faggete della Riserva Biogenetica di Pian di Novello (PT) (BIDINI et al., 1983; CALAMINI e GREGORI, 1995; CALAMINI et al., 1983; CALAMINI et al., 1989; GREGORI e MICLAUS, 1985; GREGORI et al., 1991a; GREGORI et al., 1991b; GREGORI et al., 1991c; NANNELLI, 1990), e intende fornire gli strumenti per la stima delle diverse componenti della biomassa epigea e di altre variabili dendrometriche di fustaie di faggio di età diversa, attraverso un insieme di relazioni allometriche specifiche determinate da dati sperimentali rilevati in momenti diversi secondo il metodo del raccolto.

## MATERIALI E METODI

### Caratterifici dell'area

I dati utilizzati per la presente indagine sono stati rilevati in tre differenti popolamenti monospecifici di faggio scelti in modo da risultare rappresentativi della consistenza attuale delle faggete di Pian di Novello, in termini di origine, età e fertilità. La zona di indagine è situata sull'Appennino Tosco-Emiliano, nel bacino idrografico del torrente Lima affluente del Serchio, su un versante esposto a Nord-Est, ad una altitudine compresa tra 1150 e 1300 m s.l.m. Il substrato geologico è rappresentato dalla formazione dell'arenaria «macigno», con scarsa presenza di scisti argillosi. La morfologia è di tipo fluvio-glaciale, con creste pronunciate e pendii scoscesi interrotti da ripiani residui di vecchi terrazzi fluviali; caratteristica la presenza di detriti di falda, localmente detti «macereti», costituiti da accumuli caotici di massi. Secondo la Soil Taxonomy, i suoli della zona sono Inceptisuoli e Spodosuoli (GREGORI et al., 1989; SANESI et al., 1994), acidi, caratterizzati dalla presenza di strati relativamente spessi di lettiera a diverso grado di decomposizione. Con riferimento ai dati della vicina stazione di Boscolungo (m 1340 s.l.m.; periodo 1958-1997), il clima dell'area presenta una temperatura media annua di 7.1°C con circa 2500 mm di precipitazione media annua ed è riferibile al clima temperato freddo (Cfs) di Köppen (1901); la temperatu-

ra media del mese più freddo (gennaio) è  $-0.8^{\circ}\text{C}$ , mentre quella del mese più caldo (luglio) è di  $16.3^{\circ}\text{C}$ . Secondo la classificazione di Thornthwaite (PINNA, 1977), indipendentemente dalla capacità idrica del suolo, il tipo climatico è perumido con deficit idrico assente, «secondo microtermico». Un'analisi dettagliata dei fattori climatici è stata svolta da AGNOLONI (1998). Sulla base della classificazione fitoclimatica di Pavari (DE PHILIPPIS, 1937) la stazione rientra nella sottozona calda del Fagetum.

### *I popolamenti esaminati*

Con riferimento al Piano di Assestamento Forestale (BARONI et al., 1976), si riporta la descrizione dei soprassuoli che sono stati campionati:

- particella 468, Fosso della Piaggia, quota m 1200 s.l.m. circa: fustaia matura paracoetanea di origine agamica (di transizione), nel testo successivamente denominata «adulto», a struttura monoplana con densità colma, ubicata su un terrazzo fluvio-glaciale quasi pianeggiante, con suoli di tipo Dystrochrepts che presentano caratteri spodici più o meno marcati, moderatamente profondi;
- particella 555, loc. Fosso della Chiocciola, m 1160 s.l.m.: giovane fustaia paracoetanea, di seguito detta «intermedio», a struttura monoplana e copertura incompleta per effetto di un recente diradamento, posta su un versante con pendenza variabile dal 30 al 40% orientato verso Nord, ospitante suoli poco profondi e ricchi in pietrosità riferibili ai Dystrochrepts della Soil Taxonomy;
- particella 511, loc. Fosso delle Calanche, a circa m 1280 s.l.m.: densa perticaia in ottime condizioni vegetative, successivamente chiamata «giovane», già sottoposta ad interventi di diradamento, ubicata su una pendice esposta ad Est con pendenza compresa fra 20 e 35%, con abbondante rocciosità superficiale e suoli simili a quelli della particella precedente.

La tabella 1 riporta le caratteristiche dei tre popolamenti al momento del campionamento, mentre la tabella 2 riassume l'entità del prelievo effettuato.

### *Metodi di campionamento e determinazioni effettuate*

La scelta delle piante da utilizzare per le analisi secondo il metodo del raccolto è stata eseguita nei popolamenti di Tab. 1, stratificando per classi di diametro in accordo con le distribuzioni precedentemente rilevate, scar-

Tabella 1 – Caratteristiche strutturali dei tre popolamenti campione della faggeta di Pian di Novello.

Popolamento	Età (anni)	Densità piante (n°/ha)	Diametro medio (cm)	Area basimetrica (m <sup>2</sup> /ha)	Altezza media (m)	Altezza dominante (m)
adulto	90-115	325	34.0	29.5	24.9	27.0
intermedio	42-58	2357	13.8	35.2	14.0	17.5
giovane (*)	27	10416	6.2	32.0	8.5	11.0

\* = escluse piante con diametro a 1.30 m inferiore a 2.5 cm.

Tabella 2 – Consistenza dei campionamenti effettuati.

Popolamento	Anno di indagine	N° alberi modello	N° rami campione	N° rami totale
adulto	1982	23	91	N.R.
intermedio	1995	18	51	402
giovane	1992	19	36	315

N.R. = non rilevato.

tando le piante malformate e/o di altezza molto diversa da quella perequata espressa dalla curva ipsometrica e tenendo conto della posizione sociale secondo la classificazione di Kraft (1884)(1). Successivamente d'abbattimento sono stati rilevati: diametro a 1.30 m di altezza dal terreno ( $d$  in cm), altezza dendrometrica ( $h$  in m), lunghezza dell'accrescimento degli ultimi 5 anni ( $\Delta_5$  in cm), altezza di inserzione della chioma ( $h_{ins}$  in m) fino al primo ramo vivo di diametro maggiore di 3 cm (1 cm per il popolamento giovane), profondità della chioma ( $Pch$  in m), diametro del fusto d'inserzione della chioma ( $d_{ins}$  in cm), numero complessivo dei rami con misura dell'altezza ( $br_{ins}$  in m), del diametro di inserzione ( $dr_{ins}$  in cm) e del peso fresco ( $BFr$  in g) di ciascun ramo; per il popolamento adulto non sono stati distinti i singoli rami. Per ciascuna pianta sono stati scelti, in modo da rappresentare le caratteristiche della chioma, 2-8 rami campione per analisi di dettaglio riguardanti l'angolo di inserzione sul fusto ( $\alpha_{rins}$  in ° sessagesimali) e, dopo il taglio, la lunghezza del ramo ( $Lr$  in cm), il peso fresco della componente fogliare ( $BFr_{fog}$  in g) e della porzione legnosa suddivisa nelle componenti

(1) Si è ritenuto utile aggiungere, alle cinque classi del Kraft, una sesta definita dalle piante codominate che si colloca tra la classe delle condominanti e quella delle dominate.

più avanti specificate. Tutte le foglie di ciascun ramo campione sono state staccate e conservate in busta chiusa a 4°C per le successive analisi di laboratorio, che hanno riguardato il loro conteggio ( $N_{fog}$ ), la determinazione del peso fresco, dell'area fogliare ( $AFr$  in  $m^2$ ) mediante planimetro Licor LI 3000 (su un sottocampione pari al 10% del peso fresco complessivo rappresentato da oltre 5500 foglie) e del peso secco ( $BSr_{fog}$  in g), dopo essiccazione in stufa a 105°C fino a peso costante. Per il popolamento adulto le indagini di laboratorio hanno riguardato solamente il rilievo del peso fresco e secco.

La parte legnosa di ciascun ramo campione è stata suddivisa in tre componenti: eventuale porzione basale con diametro maggiore di 4 cm (... $ram$ ), porzione apicale corrispondente d'accrescimento degli ultimi 5 anni (... $\Delta_5$ ) ed eventuale parte intermedia (... $ramgl$ ). Di ciascuna frazione è stato misurato il peso fresco ( $BFr...$  in g) e, per la parte apicale anche quello secco ( $BSr\Delta_5$  in g) previa essiccazione a 105°C; delle rimanenti componenti legnose sono state prelevate porzioni di ramo per le analisi di laboratorio, consistenti nella misura di due diametri ortogonali, dello spessore della corteccia e di quello dell'accrescimento degli ultimi 5 anni (in mm), nonché del peso fresco e secco.

Il fusto di ciascuna pianta abbattuta è stato trattato in maniera diversa a seconda del popolamento. Nel soprassuolo adulto si è seguito un criterio commerciale di allestimento (CALAMINI et al., 1983), cubando per sezioni la parte utilizzata come legname da opera (suddivisa in topi di 4 - 6 m di lunghezza e di diametro maggiore o uguale a 18 cm, da cui è stata prelevata una rotella basale di 3 - 5 cm di spessore) e rilevando in posto il peso fresco della parte superiore del fusto (fino a 4 cm di diametro), da cui sono state prelevate altre rotelle a distanze di 2 m. Negli altri due popolamenti il fusto è stato suddiviso in topi di 2 m pesati sul posto, prelevando la rotella basale di ciascuno, oltre a quella ad 1.30 m dal suolo e quella apicale, in corrispondenza ad un diametro di 4 cm. Sulle rotelle del fusto sono stati rilevati: due diametri ortogonali, spessore della corteccia e dell'accrescimento degli ultimi 5 anni (in mm), nonché del peso fresco e secco (in g). Solo per le rotelle del tronco del popolamento adulto è stato determinato anche il volume fresco e la relativa densità basale, al fine di risalire al peso fresco dei topi (CALAMINI et al., 1983).

## Elaborazione dei dati

Le misure effettuate su tutte le rotelle sono servite in primo luogo alla stima, mediante regressione lineare, dello spessore della corteccia e quindi

dell'area circolare riferita a 5 anni prima e, per differenza, l'incremento di area circolare relativo agli ultimi 5 anni. Ipotizzando che la rotella fosse cilindrica e isotropa, tale incremento è stato prima attribuito al volume dell'intera rotella e quindi al suo peso fresco, estendendo successivamente tale accrescimento **periodico** ed il rapporto peso secco/fresco al campione di riferimento.

La stima della biomassa della chioma ha comportato il calcolo di un sistema di equazioni di regressione che consentissero di valutare peso fresco e secco delle diverse componenti di ciascun ramo in funzione del suo diametro basale, dell'altezza di inserzione sul fusto e del suo peso fresco complessivo. A partire da queste elaborazioni è stato possibile infine derivare la biomassa delle diverse componenti della chioma, oltre che al loro incremento. Una procedura di stima semplificata, basata sull'estensione a ciascuna pianta delle caratteristiche medie delle varie componenti dei propri rami campione, ponderate sul peso fresco, è stata invece adottata per il popolamento adulto; per ulteriori dettagli si rimanda a CALAMINI et al. (1983).

Per l'analisi statistica dei dati si è fatto ricorso ai metodi riportati da CAMUSSI et al. (1986), nonché al software Excel<sup>®</sup> e SPSS<sup>a</sup> per l'analisi di regressione lineare e logaritmica, di tipo semplice, polinomiale o multipla *stepwise*. Quest'ultimo modello è stato preferito a quello «classico» basato sulla variabile  $d^2 \times h$  (WHITTAKER e WOODWELL, 1968), ampiamente utilizzato nella costruzione delle equazioni allometriche (ANDERSSON, 1970; NIHLGARD, 1972; MASCI et al., 1997; VISONÀ et al., 1975), in quanto meno elastico di quello multiplo (CALAMINI et al., 1983). Per evitare errori di sottostima impliciti nei modelli bilogaritmici è stata impiegata la correzione proposta da BASKERVILLE (1972). Per valutare l'affidabilità delle equazioni di regressione si è fatto riferimento al coefficiente di determinazione ( $r^2$ ) e all'errore standard delle stime (E.S.) espresso in % rispetto alla media (DRAPER e SMITH, 1966).

## RISULTATI

Nel corso delle indagini sono state acquisite informazioni relative ad alcune caratteristiche generali delle piante campione che saranno sintetizzate qui di seguito.

Il rapporto peso secco /peso fresco di ciascuna componente è risultato indipendente da ogni altra variabile relativa alla posizione dei campioni lungo il fusto o nella chioma della stessa pianta; nelle successive trasformazioni si è pertanto adottato il valore medio di ciascun albero ponderato sul

peso fresco. La tabella 3 riporta i valori medi dei rapporti per le diverse componenti all'interno di ciascun popolamento; tali valori decrescono passando dalle rotelle del fusto ai campioni delle componenti via via più minute, con differenze che il test del t di Student, eseguito previo controllo dell'omogeneità delle varianze, ha evidenziato essere significative per  $P < 0.016$ . Non sono emerse invece differenze per le rotelle del fusto tra i diversi popolamenti. Congruità nei valori medi giovane/adulto e giovane/intermedio sono ancora state riscontrate rispettivamente per la componente  $\Delta_5$  e foglie. Ciò sembrerebbe indicare che solamente lo stato idrico dei tessuti «più attivi» risente in qualche modo dell'effetto congiunto dei caratteri del popolamento e dell'annata.

Le misure effettuate sulle rotelle hanno evidenziato che lo *spessore corticale* presenta una notevole variabilità sia a livello del fusto che dei rami (Tab. 4), aumentando al crescere dell'età del popolamento e del diametro delle rotelle. L'analisi della regressione secondo il modello lineare rispetto a quest'ultima grandezza produce, per l'insieme dei campioni, una equazione in grado di spiegare quasi il 90% della variabilità complessiva (Fig. 1). Per il solo popolamento adulto, elaborazioni precedenti (CALAMINI *et al.*, 1983) avevano condotto ad un modello bilogaritmico con un  $r^2$  praticamente identico. Si può in ogni caso notare (Tab. 4) come nel popolamento giovane lo spessore della corteccia di rami e fusto risulti circa la metà di quello osservato nel popolamento adulto.

*L'incremento periodico di superficie* delle rotelle campione è risultato molto variabile, con CV compresi tra 30 e 60% della media nei diversi casi.

Tabella 3 – Rapporto medio peso secco/fresco dei campioni prelevati nei diversi popolamenti (CV %).

Popolamento	fusto	ramo	A 5	foglie
giovane	0.545 (5.4%)	0.536 (2.3%)	0.512 (3.1%)	0.369 (13.9%)
intermedio	0.547 (5.5%)	0.525 (1.9%)	0.505 (2.9%)	0.385 (8.8%)
adulto	0.549 (3.9%)	0.562 (4.3%)	0.516 (6.5%)	0.413 (7.2%)

Tabella 4 – Valori medi (in mm) e coefficiente di variazione (CV%) del diametro e dello spessore della corteccia nelle rotelle campionate.

Popolamento	Fusto		Ramo	
	d	Spess. corteccia	d	Spess. corteccia
giovane	88 (60%)	1.4 (49%)	22 (48%)	0.8 (25%)
intermedio	103 (59%)	1.7 (35%)	25 (51%)	0.9 (28%)
adulto	235 (57%)	3.6 (41%)	38 (41%)	1.4 (29%)

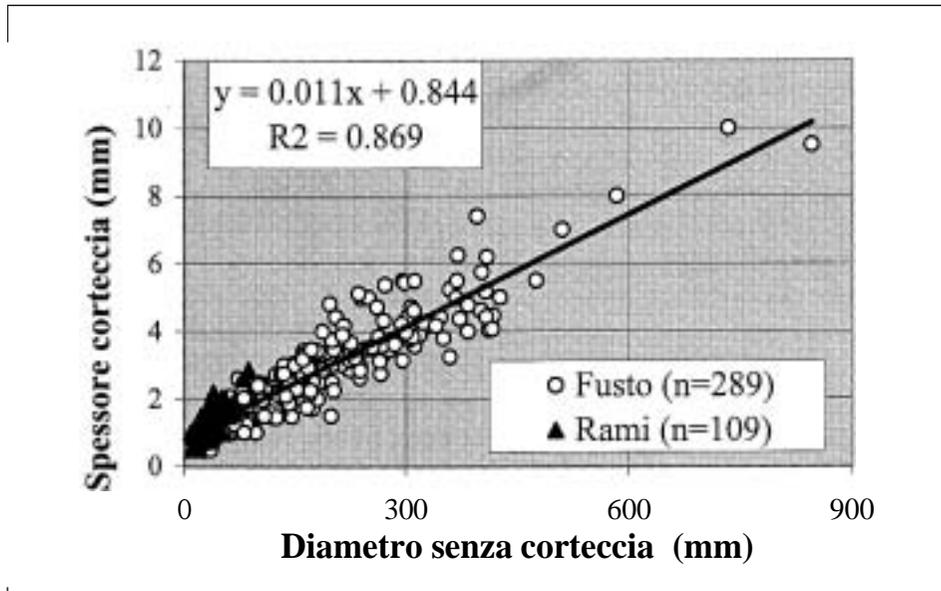


Fig. 1 - Regressione lineare dello spessore della corteccia rispetto al diametro delle rotelle.

Tale incremento è mediamente più elevato nei rami e tende a decrescere d'aumentare dell'età del popolamento: per il fusto si passa infatti dal 47% negli alberi più giovani al 18% nelle piante mature, con valori per i rami pari a 61 e 31% rispettivamente. La Fig. 2 illustra le variazioni di questa caratteristica in funzione del diametro delle rotelle campione, evidenziando l'assenza di relazione per i rami e una diminuzione dei valori massimi all'aumentare del diametro. Modelli multipli di regressione comprendenti variabili di dimensione e posizione delle rotelle non sono comunque in grado di interpretare sufficientemente la variabilità osservata.

Riguardo alle caratteristiche delle foglie, le indagini hanno indicato che il numero delle foglie (Nfog) tende ad aumentare linearmente in funzione del diametro di inserzione del ramo, sia nel popolamento giovane ( $r^2=0.74$ ), che in quello intermedio ( $r^2=0.86$ ). Meno stretta appare la relazione con la lunghezza del ramo, probabilmente a causa della compenetrazione delle chiome. In media sono state contate 750 foglie per ramo (da 80 a più di 3500), senza differenze significative né tra la posizione sociale delle piante né, più in generale, tra i due popolamenti. Una buona stima del numero di foglie presente su un ramo si può ottenere a partire dal diametro e dall'altezza relativa d'inserzione sul fusto, secondo la relazione:

$$\text{Nfog} = 628.1 \text{ drins} + 9.1 \text{ brins} - 1393.0 \quad \text{con } r^2 = 0.80.$$

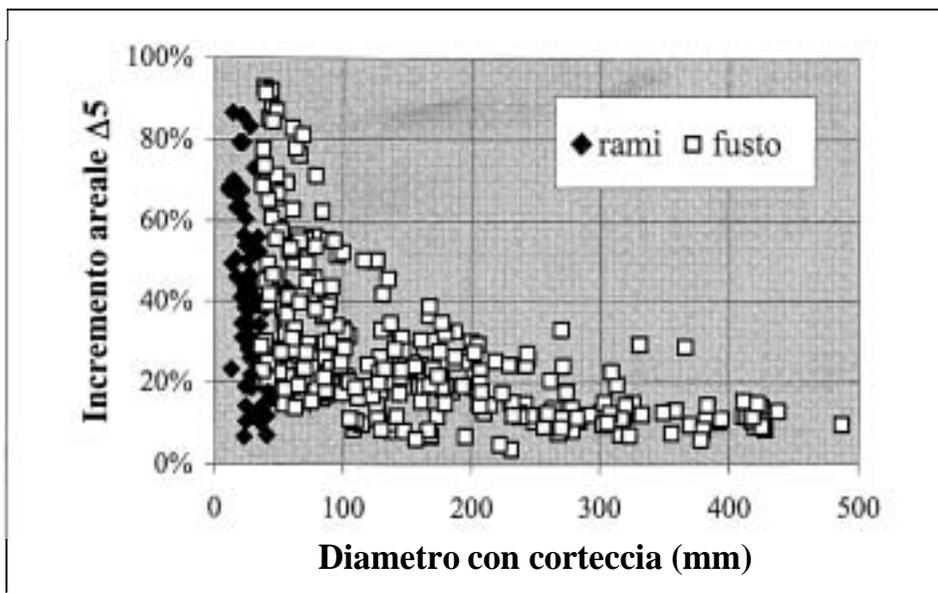


Fig. 2 – Variazione dell'incremento periodico ( $\Delta_s$ ) di superficie delle rotelle in funzione del diametro.

Il peso fresco medio delle foglie è risultato indipendente dalla lunghezza e dal diametro del ramo, come pure dalla posizione di questo d'interno della chioma, con un valore medio pari a 0.25 g (da 0.14 a 0.41 g), senza differenze significative tra i due popolamenti. Analoghe considerazioni valgono anche per la *superficie* media delle foglie di ciascun ramo, che è risultata appena inferiore a 20 cm<sup>2</sup>, con valori estremi di 7 e 36 cm<sup>2</sup>.

Sui rami campioni è stata rilevata un'*area fogliare* ( $AFr$ ) media pari a 1.35 m<sup>2</sup>, senza differenze fra i due popolamenti analizzati, ma con una notevole variabilità interna ( $CV = 110\%$ ). Una stima conveniente di questo parametro può essere condotta in funzione di  $BFr$  secondo un modello bilogarithmico, separatamente per ciascun popolamento o dalla relazione generale:

$$AFr = 0.93469 \times BFr^{0.70404} \quad \text{con } r^2 = 0.884.$$

L'indice di *sclerofillia*, espresso dal rapporto peso secco / superficie fogliare, è risultato in entrambi i soprassuoli strettamente correlato ( $P < 0.001$ ) con l'altezza di inserzione del ramo (Fig. 3). Ciò indica che nella parte superiore della chioma si rinvengono foglie più spesse o più dense in risposta alla maggiore illuminazione e ad altri fattori microclimatici (KIRA, 1973): il test di parallelismo ha messo inoltre in evidenza che i coefficienti

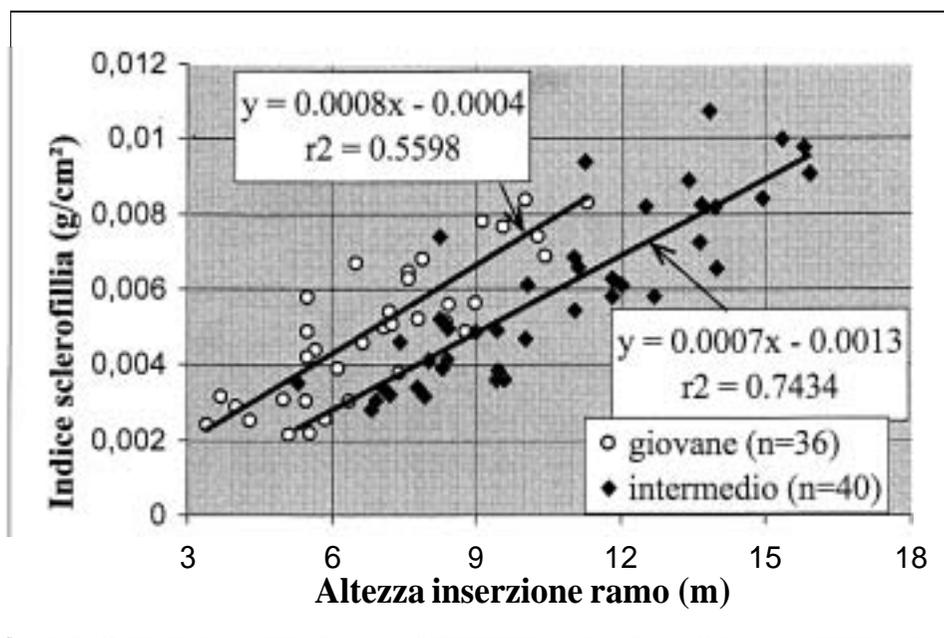


Fig. 3 - Rapporto tra indice di sclerofillia medio delle foglie di ciascun ramo e la sua altezza d'inserzione lungo il fusto nei due popolamenti più giovani.

di regressione di figura 3 sono identici ( $P > 0.99$ ). Non emergono tuttavia differenze significative nell'indice di sclerofillia dei due popolamenti, rispettivamente pari in media a 5 e 6 g/mm<sup>2</sup>, anche se la variabilità interannuale delle dimensioni delle foglie del faggio (ROLOFF, 1986) potrebbe avere mascherato questo confronto.

La profondità della chioma tende in generale a crescere linearmente con l'aumentare di  $d$  ed è funzione principalmente della variazione dell'altezza dendrometrica. Nei singoli popolamenti, infatti, l'altezza di inserzione delle chiome risulta poco variata (Fig. 4), con valori medi praticamente coincidenti nei due soprassuoli più giovani (rispettivamente 6.0 e 7.0 m) e più che doppi in quello adulto (15.1 m). A causa della selezione (competizione, trattamenti), la variabilità di  $P_{cb}$  nei singoli popolamenti tende a diminuire all'aumentare dell'età. L'accentuata diminuzione delle altezze, specialmente hins, che compare nelle piante di diametro maggiore (Fig. 4) è da riferirsi a individui che costituivano le matricine del ciclo precedente, sviluppatasi dunque in condizioni di scarsa competizione per la luce.

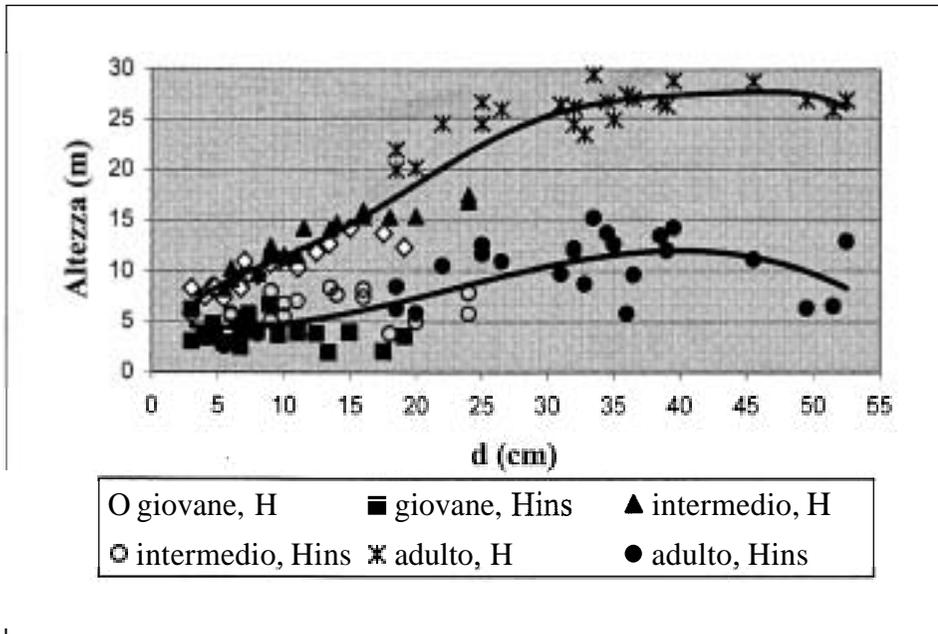


Fig. 4 – Altezza dendrometrica e d'inserzione delle chiome in funzione del diametro degli alberi campione dei popolamenti esaminati.

### *Le biomasse*

In Tab. 5 sono riportati i valori medi di biomassa delle piante classificate nelle diverse classi sociali. Come trend generale si può osservare che, all'aumentare dell'età, la proporzione di biomassa concentrata nel fusto tende ad aumentare. In tutti i popolamenti l'incidenza massima del fusto (82 - 88%) si osserva nelle piante condominanti e subordinatamente nelle codominate, mentre le dominanti presentano una maggiore proporzione di biomassa dislocata nella chioma: nel soprassuolo adulto, infatti, la porzione legnosa della chioma degli alberi dominanti è quasi 3 volte maggiore di quella delle piante solo parzialmente sottoposte, quando il fusto aumenta solo di un fattore inferiore a 2. La spiegazione di questo comportamento dovrebbe essere ricercata nel fatto che il vantaggio relativo iniziale acquisito dagli alberi dominanti in termini di accrescimento viene successivamente sfruttato nell'estensione della chioma piuttosto che nell'allungamento del fusto. A questo riguardo, analizzando le differenze dell'altezza dendrometrica e della profondità della chioma tra gli individui condominanti e dominanti, si osserva che ad una variazione media di statura pari a 1.9, 1.3 e 1.4

Tabella 5 – Valori medi della biomassa (kg) nelle piante campione dei diversi popolamenti in funzione della posizione sociale (incidenza % sul totale legnoso in parentesi).

Popolamento	Componente	Posizione sociale				Media generale
		dominata	codominata	condominante	dominante	
giovane	fusto	2.8 (63%)	4.8 (70%)	14.8 (82%)	51.0 (77%)	24.9 (76%)
	chioma	1.7 (37%)	2.0 (30%)	3.2 (18%)	16.6 (25%)	8.0 (24%)
	totale legnosa	4.6 (100%)	6.8 (100%)	17.9 (100%)	67.6 (100%)	32.9 (100%)
	foglie	0.09	0.16	0.40	1.74	0.82
intermedio	fusto	15.1 (81%)	26.4 (87%)	57.9 (88%)	162.3 (81%)	64.6 (82%)
	chioma	3.6 (19%)	3.9 (13%)	8.1 (12%)	39.3 (19%)	14.0 (18%)
	totale	18.7 (100%)	30.4 (100%)	66.0 (100%)	201.6 (100%)	78.6 (100%)
	foglie	0.28	0.47	1.15	4.05	1.49
adulto	fusto	182.1 (86%)	488.6 (86%)	820.4 (87%)	1401.0 (80%)	814.0 (83%)
	chioma	30.6 (14%)	77.4 (14%)	120.9 (13%)	345.8 (20%)	164.2 (17%)
	totale	212.7 (100%)	566.1 (100%)	941.3 (100%)	1746.8 (100%)	978.2 (100%)
	foglie	0.70	0.95	2.06	6.83	2.64

m, rispettivamente nei popolamenti di età crescente, corrisponde un aumento quasi doppio nello spessore della chioma (3.9, 2.5 e 3.0 m).

Inoltre, solo nelle classi meno avvantaggiate del popolamento giovane sono presenti piante con basso livello di accumulo di biomassa nel fusto: ciò è dovuto sia alla maggiore incidenza della porzione apicale con diametro inferiore a 4 cm (assunto come soglia per il fusto), sia all'effetto combinato della mortalità e degli interventi colturali che hanno praticamente eliminato, nei popolamenti più adulti, gli individui dominati. La stessa osservazione può essere fatta riguardo alla notevole omogeneità nella ripartizione della biomassa legnosa nei due popolamenti di maggiore età, a prescindere dalla classe sociale.

A titolo di curiosità si rammenta che la pianta campione più cospicua da noi analizzata (52 cm di diametro per 27 m di altezza dendrometrica) presenta un fusto di quasi 3.5 Mg (2 di sostanza secca e 1.5 di acqua), che rappresenta il 77% del peso totale legnoso fresco: a queste masse di tutto rilievo fanno riscontro solamente una settantina di kg di foglie. La biomassa fogliare è generalmente una frazione molto modesta del totale; pur considerando l'importanza che possono assumere le variazioni interannuali nella produzione di foglie (BRAY e GORHAM, 1964; GLOAGUEN e TOUFFET, 1982; GREGORI e MICLAUS, 1985), colpisce il fatto che piante della classe dominante del popolamento intermedio e della classe dominata del popolamento adulto, caratterizzate da una biomassa legnosa paragonabile, abbiano una biomassa fogliare che varia di un fattore maggiore di 5 (Tab.5).

La *biomassa* del fusto nei 3 popolamenti è risultata strettamente correlata con *d* e *h*, con coefficienti di correlazione lineare (*r*) altamente significativi ( $P < 0.001$ ), meno strettamente con *Pch*, ma non con *hins*, che invece assume un certo significato interpretativo solo nel complesso dei dati. La trasformazione logaritmica dei dati ha comportato un miglioramento dei coefficienti, soprattutto per *d* (da 0.983 a 0.996) e *h* (da 0.820 a 0.963). Combinando queste due variabili in un modello bilogaritmico corretto secondo Baskerville si possono ottenere stime di biomassa del fusto (BSfusto) secondo le seguenti equazioni:

- giovane:  $BSfusto = 0.00519 * d^{1.4664} * h^{2.1045}$ ;  $r^2 = 0.988$ ; e.s.stime = 9.7%;
- intermedio:  $BSfusto = 0.03638 * d^{2.1545} * h^{0.8200}$ ;  $r^2 = 0.995$ ; e.s.stime = 13.8%;
- adulto:  $BSfusto = 0.00269 * d^{1.0341} * h^{1.6722}$ ;  $r^2 = 0.990$ ; e.s.stime = 8.7%;
- complessivo:  $BSfusto = 0.00519 * d^{1.4751} * h^{1.2722}$ ;  $r^2 = 0.996$ ; e.s.stime = 17.8%.

L'aggiunta di ulteriori variabili al modello suddetto migliora significativamente la stima ( $P < 0.05$ ) inserendo *Pch* per il popolamento giovane e per l'insieme dei dati; l'ulteriore immissione di *hins* apporta un certo contributo ( $P = 0.051$ ) solo nell'equazione complessiva corretta:

$$BSfusto = 0.00944 * d^{1.0421} * h^{1.9486} * Pch^{-0.5520} * hins^{-0.2474}; r^2 = 0.997; e.s.stime = 16.3\%$$

La *biomassa* legnosa della chioma presenta con la biomassa del fusto una relazione diretta ma non lineare, che appare tuttavia comune ai 3 popolamenti (Fig.5).

La variabile dendrometrica singola che meglio spiega, sempre secondo il modello bilogaritmico, la variabilità osservata nella biomassa legnosa della chioma è risultata *d*, con coefficienti di correlazione (*r*) significativi per  $P < 0.001$ ; valori di *r* appena inferiori, ma con lo stesso livello di probabilità, si riscontrano anche nei confronti di *Pch* ed *h*, con relazioni meno accentuate per il popolamento adulto, per effetto della maggiore omogeneità nelle caratteristiche della chioma in seguito alla selezione operata. Sorprende invece che l'altezza di inserzione della chioma (*hins*) sia in grado di interpretare una frazione modesta (1/3 circa) ancorché significativa della variabilità osservata di BSchlegn, solamente per l'insieme delle osservazioni ma non per i singoli popolamenti.

Combinando *d* ed *h* in un modello bilogaritmico analogo a quello precedentemente descritto, si ottengono valori della porzione legnosa della chioma (BSchlegn) dalle relazioni:

- giovane:  $BSchlegn = 1.04843 * d^{1.7767} * h^{-1.7748}$ ;  $r^2 = 0.933$ ; e.s.stime = 28.9%;
- intermedio:  $BSchlegn = 4.04923 * d^{1.9464} * h^{-3.1172}$ ;  $r^2 = 0.848$ ; e.s.stime = 61.8%;

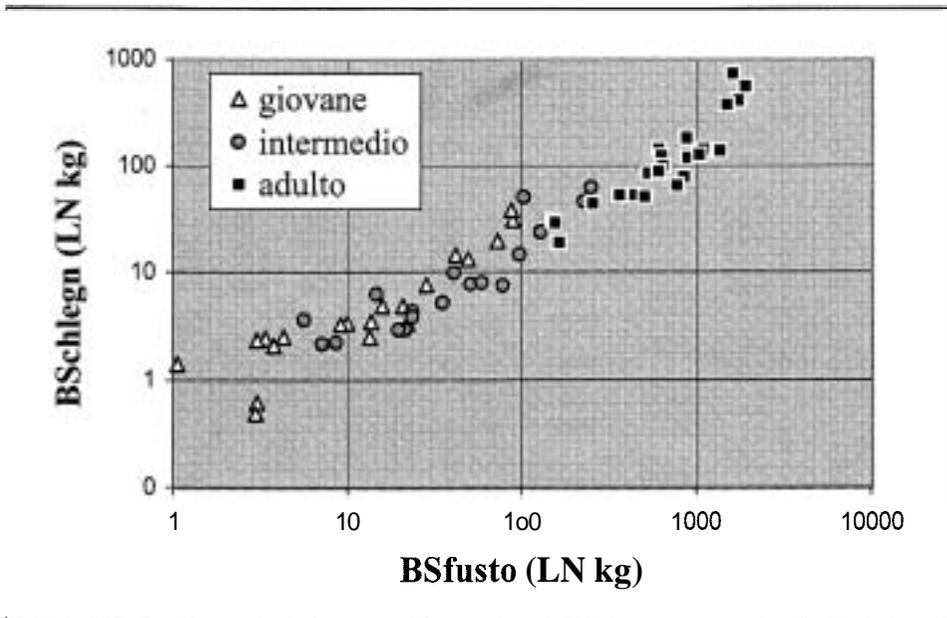


Fig. 5 - Relazione tra biomassa legnosa della chioma ( $BSchlegn$ ) e del fusto ( $BSfusto$ ) nei tre popolamenti, in scala bilogarithmica.

- adulto:  $BSchlegn = 0.43869 * d^{1.14953} * h^{-1.3197}$ ;  $r^2 = 0.920$ ; e.s.stime = 38.4% ;
- complessivo:  $BSchlegn = 0.11085 * d^{2.71041} * h^{-0.8039}$ ;  $r^2 = 0.947$ ; e.s.stime = 93.3%.

La precisione delle stime risulta abbastanza modesta; la successiva introduzione di Pch in queste equazioni migliora significativamente ( $P < 0.01$ ) l'interpretazione del modello per il popolamento intermedio e per l'insieme dei dati. In questo caso, l'errore standard delle stime per i singoli popolamenti passa rispettivamente al 29.1, 52.1 e 35.4%, ma la precisione del modello complessivo non risulta aumentata. L'ulteriore immissione di  $h_{ins}$  non apporta alcun miglioramento.

La biomassa della chioma è stata scomposta nelle diverse componenti grazie all'analisi effettuata sul campione di rami attraverso il calcolo di relazioni allometriche di valutazione del peso fresco e secco delle diverse porzioni in funzione del diametro basale di ogni ramo e della sua altezza di inserzione sul fusto e del suo peso fresco. La biomassa delle diverse costituenti la chioma è stata in questo modo ricostruita per i due popolamenti più giovani, mentre per l'altro, in assenza dei dati dimensionali di ciascun ramo, si è proceduto in maniera sintetica, attribuendo alla chioma di ciascuna pianta le caratteristiche medie dei propri rami campione.

La lunghezza media dei 178 rami campione è risultata pari a 307 cm

(Tab. 6), variando tra 159 cm nelle piante dominate del popolamento giovane a 429 cm nelle dominanti di quello adulto.

Nel popolamento giovane si osservano rami mediamente più grossi e lunghi ma anche più leggeri rispetto al soprassuolo di età intermedia. Ciò è imputabile sia alla maggiore presenza di rami con diametro inferiore alla soglia di campionamento (1 cm) nelle piante più giovani, sia ad una differente struttura dei rami negli alberi dei due popolamenti: l'isolamento progressivo delle chiome per effetto dei diradamenti effettuati nel popolamento intermedio ha determinato un ingrossamento dei rami esistenti anziché privilegiarne l'allungamento. A conferma di ciò la biomassa fresca della componente legnosa del ramo accresciutasi longitudinalmente negli ultimi 5 anni ( $BFA_5$ , di Tab. 6) è risultata nettamente inferiore nel popolamento intermedio. Il peso fresco medio dei rami nei due popolamenti più giovani risulta dello stesso ordine di grandezza, mentre in quello adulto è quasi quattro volte più elevato; la biomassa fogliare fresca presenta per contro variazioni più contenute, anche se le misure si riferiscono ad annate diverse e quindi difficilmente comparabili (GREGORI e MICLAUS, 1985).

Le variabili dimensionali dei rami campione (*drins*, *Lr* e *BFr*) sono ovviamente ben correlate tra di loro, con coefficienti di correlazione lineare compresi fra 0.83 e 0.89, mentre nei confronti delle variabili di posizione nella chioma non si osservano relazioni strette ( $r$  comunque inferiore a 0.51), indicando solamente un andamento decrescente all'aumentare dell'altezza.

L'analisi condotta su tutti i rami dei due popolamenti più giovani ha evidenziato come il numero di rami presente sulle piante cresca linearmente con le dimensioni delle stesse. Nel popolamento giovane sono stati contati

Tabella 6 - Caratteristiche medie dei 178 rami campione analizzati nei diversi popolamenti.

Carattere	Popolamento			Media generale
	giovane	intermedio	adulto	
n° rami	36	51	91	
drins (cm)	2.5	2.2	4.0	3.2
hins (m)	7.0	10.0	19.0	14.0
Lr (cm)	250	232	371	307
BFrlegn (g)	1057	1209	4382	2800
BFr fog (g)	196	164	489	337
BFr (g)	1253	1372	4871	3137
BFA <sub>5</sub> (g)	353	209	318	294

da 2 a 46 rami per pianta, con *h* come variabile maggiormente influente; negli alberi di quello intermedio, che presentavano da 7 a 74 rami, il *d* o la *Pch* hanno esibito invece un peso più rilevante. All'interno di entrambi i popolamenti, il numero medio dei rami nelle classi sociali dominate e codominate non varia in maniera sensibile (6 - 8 nel giovane, 10 - 11 nell'intermedio): il passaggio alle classe condominante e dominante comporta un aumento di un fattore due e tre, rispettivamente. Il pesofresco complessivo di ciascun ramo non presenta mediamente variazioni rilevanti fino alla classe sociale delle codominanti (260 - 378 nel giovane, 515 - 669 nell'intermedio): i rami delle piante appartenenti alla classe dominante risultano invece quasi quattro volte più pesanti di quelli delle classi precedenti. L'altezza di inserzione dei rami (*hrins*) è mediamente inferiore nel popolamento giovane: in termini relativi ciò è vero sia rispetto allo spessore della chioma, che soprattutto all'altezza dendrometrica. In questo soprassuolo i rami tendono a concentrarsi nel terzo quarto dal basso anziché nell'ultimo quarto come nel popolamento intermedio; la causa di ciò sarebbe da attribuire al diverso tipo di diradamento applicato. Il diametro dei rami all'inserzione non presenta in media grosse differenze nei due soprassuoli (2.1 e 2.2 cm), variando in media da un minimo di 1.4 cm nelle dominate del popolamento giovane, a 2.6 cm in quelle dominanti dell'intermedio. Si conferma inoltre quanto già osservato per il soprassuolo più giovane (CALAMINI e GREGORI, 1995) circa l'assenza di relazione tra diametro del ramo ed altezza d'inserzione sul fusto.

La stima della ripartizione della biomassa dei rami campione nelle varie componenti è stata effettuata mediante regressione multipla di tipo stepwise. In generale il modello lineare si è dimostrato meno attendibile di quello bilogaritmico, dando luogo talvolta a valori negativi, e con equazioni di stima alquanto diversificate nei tre popolamenti, coinvolgendo in qualche modo tutte le variabili di ingresso. Nel modello bilogaritmico, per contro, compaiono al massimo due sole variabili: *BFr* risulta sempre inclusa a cui si associano spesso *hrins\_rel* e *hrins*.

La biomassa secca fogliare (*BSrfog*) di ciascun ramo può essere stimata in maniera abbastanza precisa dalle seguenti relazioni corrette secondo Baskerville:

- giovane:  $BSrfog = 0.00008 * BFr^{0.921807} * hrins\_rel^{1.49579}$ ;  
 $r^2 = 0.923$ ; e.s.stime = 30.0%;
- intermedio:  $BSrfog = 0.00018 * BFr^{0.888883} * hrins\_rel^{1.27028} * hrins^{0.70867}$ ;  
 $r^2 = 0.920$ ; e.s.stime = 33.0%;
- adulto:  $BSrfog = 0.04580 * BFr^{0.77463} * hrins^{0.76534}$ ;  $r^2 = 0.794$ ; e.s.stime = 28.1%;

- complessivo:  $BSr_{fog} = 0.00325 * BFr^{0.193216} * brins\_rel^{1.00966}$ ;  
 $r^2 = 0.912$ ; e.s.stime = 34.7%.

Le equazioni che consentono la migliore stima della biomassa secca dell'incremento legnoso di ciascun ramo negli ultimi 5 anni ( $BSr_{\Delta_5}$ ) sono:

- giovane:  $BSr_{\Delta_5} = e^{-16.91924} * BFr^{1.36689} * brins\_rel^{3.35227}$ ;  $r^2 = 0.790$ ; e.s.stime = 45.9%;

- intermedio:  $BSr_{\Delta_5} = e^{-18.14058} * BFr^{1.69043} * brins\_rel^{3.00776} * drins^{-1.86156}$ ;  
 $r^2 = 0.827$ ; e.s.stime = 28.7%;

- adulto:  $BSr_{\Delta_5} = e^{-7.38010} * BFr^{0.77021} * brins^{2.08512}$ ;  $r^2 = 0.654$ ; e.s.stime = 47.1%;

- complessivo:  $BSr_{\Delta_5} = e^{-23.88031} * BFr^{0.96024} * brins\_rel^{3.57440} * brins^{-1.31502}$ ;  
 $r^2 = 0.589$ ; e.s.stime = 64.0%.

La migliore stima della biomassa secca legnosa ( $BSr_{legn}$ ) di ciascun ramo si può infine ottenere dalle seguenti relazioni:

- giovane:  $BSr_{legn} = 0.41639 * BFr^{1.06575} * brins^{-0.22118}$ ;  $r^2 = 0.996$ ; e.s.stime = 10.8%;

- intermedio:  $BSr_{legn} = 0.47122 * BFr^{1.06317} * brins^{-0.21804}$ ;  
 $r^2 = 0.998$ ; e.s.stime = 17.9%;

- adulto:  $BSr_{legn} = 0.41014 * BFr^{1.25082} * brins^{-0.08515}$ ;  $r^2 = 0.997$ ; e.s.stime = 3.9%;

- complessivo:  $BSr_{legn} = 0.50462 * BFr^{1.06574} * brins^{0.01834} * brins\_rel^{-0.26036}$ ;  
 $r^2 = 0.997$ ; e.s.stime = 9.3%.

Il grado di accuratezza delle equazioni di stima varia sia in funzione delle componenti considerate, con errori abbastanza contenuti solo per il peso secco legnoso, sia dell'età del popolamento, con stime più attendibili per le biomasse fogliare e legnosa del soprassuolo adulto. L'adozione delle equazioni generali comporta ovviamente uno scadimento delle stime di tutte le variabili rispetto alle formule differenziate per tipo di popolamento; va ancora rilevato come non sempre la correzione secondo Baskerville migliori la bontà delle stime.

Per ciascuna pianta la *biomassa* legnosa complessiva ( $BS_{legn}$ ) è in buona relazione con  $d$  ed  $h$  secondo il solito modello bilogarithmico nella forma:

- giovane:  $BS_{legn} = 0.04736 * d^{1.00521} * h^{0.90601}$ ;  $r^2 = 0.993$ ; e.s.stime = 9.1%;

- intermedio:  $BS_{legn} = 0.16885 * d^{2.44639} * h^{-0.34310}$ ;  $r^2 = 0.988$ ; e.s.stime = 18.2%;

- adulto:  $BS_{legn} = 0.00868 * d^{2.23494} * h^{1.09805}$ ;  $r^2 = 0.991$ ; e.s.stime = 7.2%;

- comune:  $BS_{legn} = 0.03927 * d^{2.01061} * h^{0.87002}$ ;  $r^2 = 0.995$ ; e.s.stime = 26.6%.

L'accuratezza delle stime risulta relativamente modesta solo nel popolamento intermedio, per il quale la successiva introduzione di  $h_{ins}$  o  $Pcb$

nelle equazioni di regressione migliora significativamente ( $P < 0.01$ ) l'interpretazione del modello, riducendo l'errore standard delle stime a poco più del 17%. Applicando l'equazione comune alle piante dei tre soprassuoli l'attendibilità delle stime si riduce notevolmente, comportando un errore di oltre un quarto della biomassa legnosa media, distribuito soprattutto nei due popolamenti più vecchi.

La *biomassa fogliare* (*BSfog* in kg) è risultata correlata con le principali variabili dendrometriche delle piante campione, in particolare con *d* e *h* ed in minor misura con *Pch* ed *hins*. Il modello bilogaritmico consente ancora una valutazione di questa variabile, anche se con un livello di accuratezza molto limitato; le seguenti relazioni rappresentano le migliori funzioni di stima individuate:

- giovane:  $BSfog = 0.00295 * d^{2.44874}$ ;  $r^2 = 0.956$ ; e.s.stime = 28.5%;
- intermedio:  $BSfog = 0.00202 * d^{2.79194} * h_{ins}^{-0.26489}$ ;  $r^2 = 0.975$ ; e.s.stime = 30.0%;
- adulto:  $BSfog = 0.00002 * d^{1.07967} * Pch^{0.61993}$ ;  $r^2 = 0.948$ ; e.s.stime = 30.6%;
- comune:  $BSfog = 0.02408 * d^{1.44567} * h_{ins}^{-1.51571}$ ;  $r^2 = 0.961$ ; e.s.stime = 56.9%.

Al contributo del diametro a 1.30 dal suolo, che compare come variabile principale in tutte le funzioni di stima, si associa di volta in volta quello comunque significativo di variabili diverse nei vari popolamenti; ciò mette in risalto una eterogeneità che può essere riferita sia alle già citate fluttuazioni interannuali, sia alla diversa organizzazione spaziale delle chiome nei tre soprassuoli.

Considerazioni analoghe possono essere fatte relativamente all'*area fogliare* (*AF* in m<sup>2</sup>) delle piante dei due popolamenti più giovani, nei quali una stima più accurata si ottiene dalle:

- giovane:  $AF = 0.11508 * d^{2.15919}$ ;  $r^2 = 0.973$ ; e.s.stime = 15.3%;
- intermedio:  $AF = 0.17713 * d^{2.45115} * h_{ins}^{-0.8919}$ ;  $r^2 = 0.972$ ; e.s.stime = 26.9%;
- comune:  $AF = 0.21950 * d^{2.12756} * h_{ins}^{-0.47634}$ ;  $r^2 = 0.955$ ; e.s.stime = 33.7%.

## CONCLUSIONI

L'insieme dei risultati sopraesposti, pur inglobando una variabilità temporale legata ai differenti anni di rilievo dei dati e al trattamento applicato, consente di evidenziare come alcuni caratteri delle fustaie di faggio di Pian di Novello varino sia in funzione dell'organizzazione spaziale delle singole piante, che dell'età dei popolamenti.

Il contenuto in acqua medio relativo aumenta passando dal fusto alle componenti via via più minute sia a livello di singola pianta che a quello di

popolamento, non risentendo di alcun fattore di posizione. L'età del soprassuolo, in combinazione con le variazioni interannuali, sembra condizionare solo lo stato idrico dei tessuti «più attivi» (componente  $\Delta_s$  e foglie).

Lo spessore della corteccia si è dimostrato strettamente dipendente dal diametro della porzione legnosa considerata, con valori medi molto più elevati nelle piante più vecchie.

Risultati piuttosto articolati sono stati riscontrati riguardo alle caratteristiche degli apparati fogliari. Se infatti il numero delle foglie di ciascun ramo è dipendente dalle dimensioni del ramo (diametro e lunghezza), non altrettanto si può affermare per peso fresco e superficie medi delle foglie, che peraltro non risentono nemmeno della posizione del ramo all'interno della chioma. La variazione dell'indice di sclerofilia con l'altezza di inserzione del ramo ha confermato che in generale nella parte superiore della chioma si rinvenivano foglie più spesse o più dense rispetto agli strati inferiori.

La biomassa fogliare degli alberi campione è risultata molto variabile in risposta ad un insieme di fattori quali dimensioni dell'albero, posizione sociale, età del soprassuolo, anno di campionamento. Essa rappresenta sempre una frazione molto modesta della biomassa totale ed è comunque stimabile, per ogni singolo popolamento ma con modesta accuratezza, a partire dal diametro e da una variabile relativa alla chioma; dalle stesse variabili si può ottenere anche una stima leggermente migliore dell'area fogliare complessiva di ciascun albero.

Le equazioni allometriche per la stima delle varie componenti legnose della biomassa combinano sempre le variabili diametro e altezza dendrometrica nel modello bilogaritmico, con una accuratezza elevata per le componenti «fusto» e «totale» e decisamente scarsa per la «chioma». Il modello multiplo di regressione si è sempre dimostrato più accurato rispetto a quello classico che considera la sola variabile  $d^2 \cdot h$ . La rispondenza delle stime dei modelli ai valori sperimentali è stata inoltre sempre più scadente per il popolamento di età intermedia, probabilmente per effetto della maggiore omogeneità generata da un intervento di diradamento eseguito pochi anni prima del rilievo.

Applicando le relazioni allometriche comuni, derivate dai dati non suddivisi in base all'età del bosco, l'errore standard delle stime di tutte le componenti della biomassa aumenta sensibilmente: le stime della biomassa del fusto e delle foglie derivate dall'equazione comune presentano infatti una devianza doppia rispetto a quelle ottenute dalle relazioni distinte per popolamento.

Nei limiti indicati precedentemente, il sistema di equazioni allometriche ottenuto assume un significato applicativo sia sotto il profilo dell'indagine di tipo ambientale, che sotto quello gestionale. La sua adozione a livello

ecosistemico costituirà la base di partenza per la stima della produzione di biomassa e sarà l'oggetto di una prossima nota in fase di preparazione.

## RINGRAZIAMENTI

Gli Autori sono grati al dott. Raffaello Gioffredi, ex Amministratore della Riserva di Pian di Novello, e a quanti hanno contribuito ai rilievi di campagna ed alle analisi di laboratorio, in particolare a: Silvia Agnoloni, Gianfranco Bianchi, Giorgio Brandi, Alberto Pierguidi e Anna Maria Proietti.

## APPENDICE: ELENCO DELLE SIGLE UTILIZZATE NEL TESTO

Sigla	Unità di misura	Descrizione
$\alpha_{rins}$	° sessag.	angolo di inserzione sul fusto
<i>AF</i>	m <sup>2</sup>	area fogliare della pianta
<i>AFr</i>	m <sup>2</sup>	area fogliare dei rami
<i>BF</i> $\Delta_5$	g	biomassa fresca accresciutasi negli ultimi cinque anni
<i>BFr</i>	g	peso fresco ramo
<i>BFram</i>	g	peso fresco della componente legnosa del ramo con $d > 4\text{cm}$
<i>BFramgl</i>	g	peso fresco della componente legnosa del ramo con $d < 4\text{cm}$
<i>BFr<sub>fog</sub></i>	g	peso fresco della componente fogliare del ramo
<i>BFr<sub>legn</sub></i>	g	peso fresco della componente legnosa del ramo
<i>BFr</i> $\Delta_5$	g	peso fresco della componente legnosa del ramo con $d > 4\text{cm}$ accresciutasi longitudinalmente negli ultimi 5 anni
<i>BS<sub>chlegn</sub></i>	kg	peso secco della componente legnosa dell'intera chioma
<i>BS<sub>fog</sub></i>	kg	peso secco delle foglie
<i>BS<sub>fusto</sub></i>	kg	peso secco del fusto
<i>BS<sub>legn</sub></i>	kg	peso secco di tutta la componente legnosa della pianta
<i>BS<sub>fog</sub></i>	g	peso secco componente fogliare del ramo
<i>BS<sub>rlegn</sub></i>	g	peso secco della componente legnosa del ramo
<i>BS<sub>r</sub></i> $\Delta_5$	g	peso secco della componente legnosa del ramo con $d > 4\text{cm}$ accresciutasi longitudinalmente negli ultimi 5 anni
<i>d</i>	cm	diametro del fusto a m 1,30 da terra
<i>d<sub>ins</sub></i>	cm	diametro del fusto d'inserzione della chioma
<i>d<sub>rins</sub></i>	cm	diametro d'inserzione ramo
<i>h</i>	m	altezza dendrometrica
<i>h<sub>ins</sub></i>	m	altezza di inserzione della chioma
<i>h<sub>rins</sub></i>	cm	altezza assoluta d'inserzione del ramo
<i>h<sub>rins</sub></i> <i>rel</i>	%	altezza relativa d'inserzione del ramo
<i>L<sub>r</sub></i>	cm	lunghezza del ramo
<i>N<sub>fog</sub></i>		numero foglie
<i>P<sub>ch</sub></i>	m	profondità della chioma
$\Delta_5$	cm	accrescimento degli ultimi cinque anni

## SUMMARY

**Study in a beech stand of Central Italy:  
allometric relations for the above ground biomass estimation**

Proxy equations estimating above ground biomass are discussed. Data were collected in three pure evenaged beech stands in the Tosco-Emiliano Appennine. The sample was extracted by ranking the tree populations per diameter at breast height ( $d$ ) and social position; crown and stem modules were separated and measured directly in the field or by laboratory analysis. The crown of each sample tree was measured at single branch level and recomposed by using regression equation validated from a set of 178 sample branches.

The best allometric relations for the estimation of the above ground biomass are exposed as well as those related to the elementary samples (water content, bark thickness, diameter increment, leaf characteristics). Stepwise method has been utilised in order to find the number of variables in the equations; bilogarithmic model ever performed the best fitting.

Stem and branches biomass can be predicted by the combination of  $d$  and  $h$ : the latter with a lower accuracy rate. Leaf dry biomass can be forecasted by using  $d$  and a crown variable (such as crown depth or crown insertion height); nevertheless the standard error of estimate results rather high.

## BIBLIOGRAFIA

- AGNOLONI S., 1998 – *Biomassa e produttività di una giovane faggeta dell'Appennino Tosco Emiliano*. Tesi di laurea, Facoltà di Scienze Agrarie e Forestali, Università degli Studi di Firenze.
- ANDERSSON F., 1970 – *Ecological studies in a Scanian woodland and meadow area, Southern Sweden: II. Plant biomass, primary production and turnover of organic matter* – Botaniska Notiser, 123: 8-51.
- BARONI A., DE PHILIPPIS A., GIANNINI R., MAGINI E., SCREM E., TONARELLI F., 1976 – *Piano di assestamento della Foresta Demaniale dell'Abetone per il quindicennio 1974-1988* – Istituto di Selvicoltura ed Assestamento Forestale, Firenze.
- BASKERVILLE G.L., 1972) – *Correction for bias in regression estimates after logarithmic transformation* – Ecology, 54: 1403-1407.
- BIDINI D., CALAMINI G., CAROPPO S., GREGORI E., HERMANIN L., LORENZONI P., MANOLACU M., MICLAUS N., NANNELLI R., 1983 – *Studio di una faggeta dell'Appennino Pistoiese: Impostazione della ricerca e caratteristiche della stazione* – Annali ISSDS, Firenze; XIV: 179-192.
- BRAY R.I., GORHAM E., 1964 – *Litter production in forest of the world* – in: «Advances in Ecological Research 2», ed Cragg, Academic Press, London: 101-157.
- CALAMINI G., GREGORI E., 1995 – *Produzione di biomassa fogliare in un giovane popolamento di faggio (Fagus sylvatica L.) dell'Appennino Pistoiese* – in Atti del seminario «Funzionalità dell'ecosistema faggeta», CNR – Accademia Italiana Scienze Forestali, Firenze, 16-17 novembre: 309-318.

- CALAMINI G., GREGORI E., HERMANIN L., LOPRESTI R., 1989 – *Studio di una faggeta dell'Appennino Pistoiese. Ulteriori indagini su biomassa e produzione primaria netta: Distribuzione nelle componenti delle chiome* – Annali Accademia Italiana Scienze Forestali; XXXVII: 379-399.
- CALAMINI G., GREGORI E., HERMANIN L., LOPRESTI R., MANOLACU M., 1983 – *Studio di una faggeta dell'Appennino Pistoiese: Biomassa e produzione primaria netta epigea*. Annali Ist. Sper. Studio e Difesa Suolo, Firenze. Vol. XIV: 193-214.
- CAMUSSI A., MÖLLER F., OTTAVIANO E., SARI GORLA M., 1986 – *Metodi statistici per la sperimentazione biologica* – Zanichelli, Bologna.
- DE PHILIPPIS, A., 1937 – *Classificazioni ed indici del clima in rapporto alla vegetazione forestale italiana* – Ed. Ricci, Firenze.
- DRAPER N.R., SMITH H., 1966 – *Applied regression analysis* – John Wiley & Sons, New York.
- GLOAGUEN J.C., TOUFFET J., 1982 – *Production de litière dans une chenaie-hetraie atlantique. Relations avec les caractères climatiques* – Revue For. Française; XXXIV (2):108-119.
- GREGORI E., MICLAUS N., 1985 – *Studio di una faggeta dell'Appennino Pistoiese: Sostanza organica del suolo e produzione di lettiera* – Annali ISDS, Firenze; XVI: 105-118.
- GREGORI E., MICLAUS N., SASSO A., COSTANTINI E., BIDINI D., MANOLACU M., 1991a – *Studio di una faggeta dell'Appennino Pistoiese: Decomposizione della lettiera confinata al suolo; I. Variazione di alcune caratteristiche chimico-fisiche* – Annali ISDS, Firenze; XX: 41-93.
- GREGORI E., MICLAUS N., SASSO A., 1991b – *Studio di una faggeta dell'Appennino Pistoiese: Decomposizione della lettiera confinata al suolo; II. Popolazioni microbiche ed attività enzimatiche* -Annali ISDS, Firenze; XX: 95-130.
- GREGORI E., NANNELLI R., CAROPPO S., 1991c – *Studio di una faggeta dell'Appennino Pistoiese: Decomposizione della lettiera fogliare confinata al suolo; III. Ruolo della nematofauna e della artropodofauna* – Redia; LXXIV: 481-508.
- KIRA T., 1973 – *Primary Production of Forests* – in: «Photosynthesis and Productivity in different Environments», ed. Cooper J.P., Cambridge University Press, IBP 3; 5-39.
- KÖPPEN W., 1901 – *Versuch einer klassifikation der klimate*. Hettners Geographisch. Zeitschr., VI; Sonderabdr.
- KRAFT G., 1884 – *Beitraghe zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungshieben*. Klindworth's Verlag, Hannover.
- MASCI A., NAPOLI G., DORE S., MATTEUCCI G., SCARASCIA MUGNOZZA G., 1997 – *Produzione di biomassa epigea e radicale in una faggeta e in un rimboschimento di abete rosso* – in: Atti del I Congresso S.I.S.E.F. «La ricerca italiana per le foreste e la selvicoltura», Legnaro (PD) 4-6 giugno: 225-232.
- MATTEUCCI G., DE ANGELIS P., DORE S., MASCI A., VALENTINI R., SCARASCIA MUGNOZZA G., 1999 – *Il bilancio del carbonio delle faggete: dall'albero all'ecosistema* – in: «Ecologia strutturale e funzionale di faggete italiane», Edagricole, Bologna; 133-182.

- MINISTERO AGRICOLTURA E FORESTE 1985 - *Inventario Forestale Nazionale* - ISAF, Trento.
- NANNELLI R., 1990 - *Studio di una faggeta dell'Appennino Pistoiese: Composizione e successione della artropodofauna nella degradazione della lettiera* - Redia; LXXIII (2): 543-568.
- NIHLGARD B., 1972 - *Plant biomass, primary production and distribution of chemical elements in a beech and planted spruce forest in South Sweden* - Oikos, 23: 69-81.
- PIGNATTI S., 1998 - *I boschi d'Italia* - UTET, Torino.
- PINNA M., 1977 - *Climatologia*. UTET, Torino.
- PIUSSI P., 1998 - *Selvicoltura generale* - UTET, Torino.
- PREVOSTO M., 1989 - *Considerazioni sull'ecosistema del faggio in Italia* - Cellulosa e Carta, 40 (2):32-36.
- ROLOFF A., 1986 - *Morphologie der Kronenentwicklung von Fagus sylvatica L. unter besonderer Berücksichtigung möglicherweise neuartiger Veränderungen* - Dissertation des Doktorgrades, Universität Göttingen.
- SANESI G., CECCHINI G., MIRABELLA A., CARNICELLI S., 1994 - *Genesi e funzione ecologica del suolo nelle faggete dell'Appennino Tosco Emiliano: Pian di Novello (Pistoia)* - in: Guida d'escursione del Convegno Soc. It. Scienza del Suolo, Firenze, 7-8 giugno.
- SCOPPOLA A., 1999 - *Tipologie vegetazionali di faggete appenniniche* - in: «Ecologia strutturale e funzionale di faggete italiane», Edagricole, Bologna; 21-31.
- VISONÀ L., NAVIGLIO L., SIMONETTO L., AZZOLINI I., GIOVANNARDI R., 1975 - *Structures and biomass of the beechwood in the Mount Terminillo I.B.P. Station Monti Reatini, Lazio* - Annali di Botanica, XXXIV: 143 -170.
- WHITTAKER R.H., WOODWELL G.M., 1968 - *Dimension and production relations of trees and shrubs in the Brookhaven forest, New York* - Journal of Ecology, 56:1-25.