

PIERMARIA CORONA (\*) (°) - ROBERTO CIBELLA (\*\*)  
GIUSEPPE PIZZURRO (\*\*\*) - DONATO SALVATORE LA MELA VECA (\*\*\*)

## TAVOLE DI CUBATURA DI POPOLAMENTO PER I SOPRASSUOLI FORESTALI DELLA SICILIA

*Obiettivo del lavoro è la messa a punto di tavole di cubatura di popolamento per la stima statistica, in maniera rapida, facilmente applicabile e con adeguata attendibilità, delle masse legnose dei boschi ordinariamente governati a ceduo e a fustaia. Nella presente nota viene illustrata l'analisi statistica condotta per la preparazione dei modelli matematici di predizione del volume della massa legnosa a ettaro, vengono riportati i risultati ottenuti e sono discusse le modalità di applicazione dei modelli elaborati. L'impiego delle tavole di popolamento è indicato soprattutto nelle situazioni in cui sia possibile adottare procedure speditive per la determinazione dell'area basimetrica per unità di superficie: in particolare, l'ambito applicativo preferenziale è quello dei rilievi basati sulla stima relascopica dell'area basimetrica (prove relascopiche adiametriche) in corrispondenza di punti di sondaggio dislocati secondo uno schema di campionamento probabilistico.*

*Parole chiave:* dendrometria; tavole di cubatura; cubatura della massa legnosa di interi popolamenti.

*Key words:* forest mensuration; volume tables; stand volume estimation.

### 1. INTRODUZIONE

La determinazione del volume della massa legnosa dei popolamenti forestali è uno dei momenti fondamentali nelle procedure di stima dei boschi da sottoporre a utilizzazione e ai fini della realizzazione dei piani di assestamento e gestione forestale, e ne costituisce in genere una delle fasi più costose. Peraltro, nel secondo caso non ne va mitizzata l'importanza: l'essenza delle informazioni da raccogliere a fini assestamentali è soprattutto di carattere ambientale e culturale, più che di carattere prevalentemente provvisorio. Si tratta comunque di una operazione delicata ed essenziale

---

(\*) DISAFRI, Università degli Studi della Tuscia, via San Camillo de Lellis snc, 01100 Viterbo.

(\*\*) Regione Siciliana, Assessorato Agricoltura e Foreste, Dipartimento Regionale delle Foreste, via della Regione Siciliana 2246, 90135 Palermo.

(\*\*\*) DCA, Università degli Studi di Palermo, viale delle Scienze, edificio 4, 90128 Palermo.

(°) Corresponding author: Tel. +39 0761357425; fax +39 0761357389; e-mail address piermaria.corona@unitus.it

anche nel caso di piani di tipo sommario, in quanto fornisce una valutazione importante non solamente per la descrizione quantitativa dello stato reale del bosco, ma anche per la conseguente definizione delle modalità di futuro trattamento.

In relazione alle motivazioni evidenziate, negli ultimi decenni hanno avuto diffusione anche nel nostro Paese le tavole di cubatura di popolamento quali strumenti estimativi in grado di fornire una stima precisa e accurata del volume della massa legnosa per interi soprassuoli boschivi mediante rilevamenti dendrometrici semplificati (a esempio: DEL FAVERO, 1980; BIANCHI, 1984; TABACCHI e TOSI, 1995; SOTTOVIA e TABACCHI, 1996; BASSI *et al.*, 2000; CORONA, 2000). Si tratta di tabelle che riportano il valore medio atteso del volume della massa legnosa a ettaro in funzione di attributi di facile rilevamento: altezza media o dominante o statura del soprassuolo e area basimetrica a ettaro.

In particolare, le tavole di cubatura di popolamento rivestono interesse ai fini di determinazioni volte a fornire valutazioni complessive del volume della massa legnosa per unità di superficie qualora non sia necessario conoscere la ripartizione di tale volume in assortimenti diversi, come, a esempio, avviene nella gran parte dei casi per i cedui. Tenuto conto di queste potenzialità, la Regione Siciliana, nell'ambito delle politiche indirizzate al miglioramento dei soprassuoli forestali attraverso una gestione sostenibile basata anche su idonee attività di inventariazione e pianificazione, ha ritenuto necessario dotarsi di apposite tavole di cubatura di popolamento per la stima statistica, in maniera rapida, facilmente applicabile e con adeguata attendibilità, delle masse legnose dei boschi ordinariamente governati a ceduo e a fustaia.

Nella presente nota viene illustrata l'elaborazione di questo tipo di tavole di cubatura per la regione in oggetto. In particolare, vengono riportati: l'analisi statistica condotta per la preparazione dei modelli matematici di predizione del volume della massa legnosa a ettaro; i risultati ottenuti, presentati anche nella convenzionale forma tabellare; le modalità di applicazione dei modelli elaborati.

## 2. RILEVAMENTO DENDROMETRICO

I dati utilizzati per la costruzione delle tavole di cubatura di popolamento dei boschi siciliani sono stati raccolti nel corso di rilevamenti condotti dal Dipartimento di Colture Arboree dell'Università degli Studi di Palermo nell'ambito di ricerche dendrometriche e dalla Regione Siciliana nell'ambito delle attività connesse alla realizzazione della terza fase dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio.

I rilevamenti hanno interessato popolamenti forestali definiti come tali

in conformità ai parametri accettati in sede nazionale e internazionale (UN-ECE/FAO, 1997). Le misurazioni dendrometriche sono state realizzate secondo il protocollo descritto in INFC (2006), a cui si rimanda per maggiori dettagli. La soglia minima di cavallettamento corrisponde a un diametro a petto d'uomo pari a 5 cm.

Oggetto di interesse ai fini del presente lavoro sono stati i rilevamenti condotti nei soprassuoli potenzialmente sottoposti a regolare attività selvicolturale, afferenti alle seguenti categorie forestali: leccete; querceti caducifogli; faggete; castagneti; eucalitteti; pinete di pino d'Aleppo; pinete di pino domestico; pinete di pino laricio. Questi popolamenti sono rappresentativi della realtà forestale siciliana costituendo l'88% dei boschi alti dell'isola (INFC, 2007). I boschi di latifoglie sono stati classificati in fustaie, dove prevaleva il dendrotipo «individuo di alto fusto», e in cedui, dove prevaleva il dendrotipo «pollone», tranne per quanto riguarda le faggete i cui soprassuoli sono risultati perlopiù a struttura composita, senza netta prevalenza di uno dei due dendrotipi (a causa del ritardo nelle utilizzazioni dei cedui e, nel contempo, per gli interventi di eliminazione di polloni soprannumerari, questi boschi tendono ad assumere l'aspetto fisionomico di fustaia; le norme sui parchi, inoltre, prevedono l'obbligo del rilascio di tutte le matricine e delle piante nate da seme e ciò contribuisce a creare strutture composite). Va peraltro sottolineato che anche nei soprassuoli a prevalenza di querce classificati a fustaia si ha spesso una rilevante presenza di polloni.

Dall'insieme di rilevamenti disponibili è stato estratto un insieme di 207 aree campione con dati dendrometrici completi e senza errori. Per ciascuna area campione sono stati calcolati: (i) l'area basimetrica a ettaro ( $G$ ,  $m^2ha^{-1}$ ); (ii) l'altezza dominante ( $Hd$ , m), pari alla media delle altezze misurate sui tre fusti di maggiori dimensioni diametriche (fusti dominanti o codominanti), riferiti al dendrotipo «individuo di alto fusto» nel caso delle fustaie e al dendrotipo «pollone» nel caso dei cedui; (iii) il volume della massa legnosa a ettaro ( $V$ ,  $m^3ha^{-1}$ ) mediante cubatura con le tavole generali dell'Inventario Forestale Nazionale (CASTELLANI *et al.*, 1984), che forniscono il volume cormometrico (massa del fusto intero con corteccia) nel caso delle conifere e il volume dendrometrico (massa del fusto intero con corteccia e rami fino al diametro di 3 cm) nel caso delle latifoglie.

### 3. FORMALIZZAZIONE

#### 3.1. Definizione del modello predittivo

Nella costruzione delle tavole di cubatura di popolamento la maggior parte della variabilità del volume della massa legnosa a ettaro è dovuta alle variazioni dell'area basimetrica a ettaro e dell'altezza dominante del soprassuolo (vd. riferimenti bibliografici di cui al § 1).

Nel caso in esame, il modello in grado di esprimere la relazione intercorrente tra  $V$ ,  $G$ , e  $Hd$  è stato individuato mediante procedura *stepwise regression* di tipo convenzionale. La relazione tra queste variabili è stata dapprima interpretata da un modello di massima estensione che ha preso in esame i valori di  $G$  e  $Hd$  in forma singola o come prodotto, con esponente pari a 0,5, 1 e 2. Il valore di  $F$  critico nel processo di inclusione delle variabili indipendenti è stato posto pari a quello del processo di eliminazione: il livello di significatività dell' $F$  critico è stato posto pari a 0,90, così da garantire la selezione di un ridotto *pool* di predittori. Il valore di tolleranza, misura della stabilità della matrice di correlazione, è stato fissato pari a 0,001.

Nel caso delle fustaie, la variabile selezionata quale predittore è risultata  $G^*Hd$ . Nel modello perequativo selezionato è compreso il termine noto:

$$V = a_0 + a_1 * G * Hd \quad [i]$$

Nel caso dei cedui e delle faggete, la variabile selezionata quale predittore è risultata  $G^*Hd^{0.5}$ . Nel modello perequativo selezionato è compreso il termine noto:

$$V = b_0 + b_1 * G * \sqrt{Hd} \quad [ii]$$

Modelli del tipo [i] risultano utilizzati per le tavole di cubatura di popolamento dei boschi dell'Emilia Romagna (BASSI *et al.*, 2000), mentre il modello [ii] è utilizzato in Veneto per i cedui di faggio (CORONA, 2000). Le equazioni lineari [i] e [ii] implicano una costanza del valore atteso a ettaro del volume della massa legnosa a parità di area basimetrica e di altezza dominante, indipendentemente dalla variazione di altre caratteristiche strutturali dei popolamenti.

### 3.2. Ponderazione della variabile dipendente

Nei modelli di regressione lineare si presume che la varianza sia costante all'interno della popolazione in esame. Come atteso ed evidenziato sui dati raccolti da un'analisi esplorativa (test di Goldfeld-Quandt), tranne nel caso delle faggete la variabilità del volume della massa legnosa a ettaro risulta crescente all'aumentare dell'area basimetrica a ettaro e dell'altezza dominante del soprassuolo: in questa situazione (eteroscedasticità della varianza della variabile dipendente) la procedura di regressione lineare che utilizza i «minimi quadrati ordinari» non fornisce stime ottimali del modello. Se è possibile stimare tali differenze di variabilità in base a un'altra variabile (variabile di ponderazione), la procedura che consente di ottenere la migliore stima dei coefficienti numerici dei modelli predittivi è quella che utilizza i «minimi quadrati ponderati»: alle osservazioni più precise (ovvero

quelle con una minore variabilità) vengono assegnati pesi maggiori nella determinazione dei coefficienti di regressione.

Nel caso in esame, la variabile di ponderazione ottimale è stata scelta elevando il reciproco della variabile indipendente di ciascun modello a una potenza pari a 0, 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, 3 e scegliendo quindi quello in grado di massimizzare il valore di verosimiglianza: la variabile di ponderazione ottimale è risultata pari a  $1/(G^*Hd)$  nel caso delle fustaie, pari a  $1/(G^{2*}Hd)$  nel caso dei cedui. Per i soprassuoli di faggio ovviamente non è stata condotta ponderazione, ovvero può essere considerato un caso particolare di ponderazione dove il fattore di ponderazione è una costante pari a 1.

### 3.3. *Aggregazione delle categorie forestali*

Prima di procedere alla calibrazione definitiva dei modelli di previsione è stata verificata la possibilità di accorpamento delle rette di regressione per le diverse categorie forestali (vd. § 2), separatamente per il modello [i] (fustaie, escluse i soprassuoli di faggio) e per il modello [ii] (cedui, esclusi i soprassuoli di faggio). A tal fine sono state considerate tutte le possibili combinazioni di accorpamento tra le categorie per ciascun modello. Le faggete sono state tenute a parte in quanto, pur facendo riferimento al modello [ii], sono stimate con una variabile di ponderazione diversa da quella dei cedui delle altre specie.

Le ipotesi formulate sono state valutate mediante test F, seguendo le procedure suggerite da CUNIA (1987) per i test di coincidenza e parallelismo tra modelli regressivi riferiti a gruppi di osservazioni diverse (Tabella 1).

Sulla base dei risultati ottenuti è stato dunque possibile fare riferimento a modelli predittivi per i seguenti insiemi risultati a valenza dendrologica omogenea, senza una riduzione significativa della complessiva precisione di stima rispetto a modelli istituiti per ciascuna singola categoria forestale: eucalitteti governati a fustaia; querceti governati a fustaia; pinete di pino d'Aleppo; pinete di pino domestico; pinete di pino laricio; cedui (esclusi quelli a prevalenza di faggio); faggete.

## 4. CALIBRAZIONE E VALIDAZIONE

Le statistiche descrittive delle variabili considerate per l'istituzione dei modelli [i] e [ii] secondo le aggregazioni ottenute sono riportati nella Tabella 2.

L'analisi di regressione è stata condotta secondo i modelli formalizzati al § 3.1, mediante il metodo dei minimi quadrati ponderati utilizzando le

Tabella 1 – Ipotesi di aggregazione non rifiutate secondo il test F di coincidenza e parallelismo tra modelli regressivi riferiti a categorie forestali diverse.  $dev_{regr1}$  = devianza della regressione per il modello senza vincoli (i coefficienti della retta di regressione sono diversi per ciascuna categoria forestale: complessivamente, 12 nel caso del modello [i] e 8 nel caso del modello [ii]);  $gl_1$  = gradi di libertà per il modello senza vincoli;  $dev_{regr2}$  = devianza della regressione per il modello vincolato a seguito dell'ipotesi di aggregazione;  $gl_2$  = gradi di libertà per il modello vincolato;  $dev_{res1}$  = devianza residua del modello senza vincoli;  $gl_{res1} = n - gl_1$ ;  $n$  = numerosità delle osservazioni;  $F = (dev_{regr1} - dev_{regr2}) / (gl_1 - gl_2) / (dev_{res1} / gl_{res1})$ ;  $F_{crit}$  = valore critico della distribuzione di F in corrispondenza di  $gl_1 - gl_2$  gradi di libertà al numeratore e  $gl_{res1}$  gradi di libertà al denominatore.

– Hypotheses of aggregation of the data from different forest categories not rejected according to the F test of coincidence and parallelism.  $dev_{regr1}$  = sum of squares of the unrestricted regression model (the coefficients of the regression line are different for each forest category: altogether, 12 in the case of model [i] and 8 in the case of model [ii]);  $gl_1$  = degrees of freedom of the unrestricted regression model;  $dev_{regr2}$  = sum of squares of the regression model restricted under the hypothesis of aggregation;  $gl_2$  = degrees of freedom of the restricted regression model;  $dev_{res1}$  = residual sum of squares of the unrestricted model;  $gl_{res1} = n - gl_1$ ;  $n$  = sample size;  $F = (dev_{regr1} - dev_{regr2}) / (gl_1 - gl_2) / (dev_{res1} / gl_{res1})$ ;  $F_{crit}$  = critical value of the F distribution in correspondence to  $gl_1 - gl_2$  degrees of freedom for the numerator and  $gl_{res1}$  degrees of freedom for the denominator.

Modello	Ipotesi	$dev_{regr1}$	$gl_1$	$dev_{regr2}$	$gl_2$	$dev_{res1}$	$gl_{res1}$	F	$F_{crit}$
[i]	– Pinete di pino d'Aleppo – Pinete di pino domestico – Pinete di pino laricio – Eucalitteti governati a fustaia – Querceti di leccio e di querce caducifoglie governati a fustaia	6829302	12	6827232	10	70222	140	2,06	3,06
[ii]	– Cedui di castagno, eucalitti, querce caducifoglie e leccio	140192	8	135408	2	10942	29	2,11	2,43

variabili di ponderazione ottenute al § 3.2 e facendo riferimento alle aggregazioni di cui al § 3.3. Non sono stati riscontrati in alcun caso andamenti sistematici dei residui in funzione della variabile indipendente. I risultati delle analisi di regressione sono riportati in Tabella 3.

La capacità inferenziale dei modelli elaborati è stata valutata in modo indipendente mediante procedura *leave-one-out* calcolando i cosiddetti residui «cancellati»: in questo caso, il residuo in corrispondenza di una data osservazione è dato dalla differenza tra il valore del volume della massa legnosa stimato con il modello calibrato omettendo quella osservazione e il valore misurato riferito a quella stessa osservazione (Tabella 4).

I risultati della validazione manifestano l'efficacia predittiva dei modelli elaborati che appaiono in grado di fornire stime non distorte (anche nel caso dei cedui la distorsione valutata in modo indipendente

Tabella 2 – Statistiche delle grandezze dendrometriche osservate per la formulazione dei modelli previsionali e numerosità campionarie.

– *Sample sizes and statistics of dendrometrical attributes used for the elaboration of prediction models.*

<i>Valenza dendrologica del modello</i>	<i>Numero osservazioni</i>	<i>Altezza dominante (m)</i>	<i>Area basimetrica (m<sup>2</sup>ba<sup>-1</sup>)</i>	<i>Volume della massa legnosa (m<sup>3</sup>ba<sup>-1</sup>)</i>
Pinete di pino d'Aleppo	17	min = 5,2 max = 19,8 media = 13,3 dev. st. = 4,0	min = 3,03 max = 44,56 media = 19,86 dev. st. = 13,42	min = 8 max = 411 media = 160 dev. st. = 140
Pinete di pino domestico	20	min = 9,5 max = 18,8 media = 13,4 dev. st. = 2,8	min = 7,41 max = 54,75 media = 20,71 dev. st. = 14,81	min = 45 max = 576 media = 201 dev. st. = 164
Pinete di pino laricio	29	min = 4,5 max = 31,8 media = 17,7 dev. st. = 8,2	min = 0,57 max = 90,46 media = 38,41 dev. st. = 24,33	min = 2 max = 1349 media = 378 dev. st. = 370
Eucalitteti governati a fustaia	29	min = 4,1 max = 21, media = 14,0 dev. st. = 4,5	min = 3,64 max = 47,09 media = 15,86 dev. st. = 8,66	min = 9 max = 348 media = 87 dev. st. = 65
Querceti governati a fustaia	57	min = 4,7 max = 22,1 media = 10,9 dev. st. = 3,9	min = 1,42 max = 43,70 media = 13,85 dev. st. = 9,27	min = 3 max = 366 media = 97 dev. st. = 79
Faggete	18	min = 4,8 max = 21,8 media = 13,3 dev. st. = 4,4	min = 11,52 max = 50,54 media = 26,40 dev. st. = 10,24	min = 77 max = 407 media = 209 dev. st. = 93
Cedui (escluso faggio)	37	min = 3,8 max = 25,8 media = 11,2 dev. st. = 4,9	min = 1,30 max = 31,50 media = 13,69 dev. st. = 9,76	min = 4 max = 232 media = 77 dev. st. = 65

Tabella 3 – Risultati dell'analisi di regressione per la stima dei coefficienti numerici dei modelli predittivi ( $R^2$  = coefficiente di determinazione = rapporto tra devianza della regressione e devianza totale; *ess* = errore standard della stima).

– *Results of regression analysis for the elaboration of the prediction models ( $R^2$  = ratio between sum of squares of the regression model and total sum of squares; *ess* = standard error of the estimate).*

<i>Valenza dendrologica del modello</i>	<i>Codice</i>	<i>Equazione</i>	$R^2$ <i>modello</i>	<i>ess</i> (m <sup>3</sup> ba <sup>-1</sup> )
Pinete di pino d'Aleppo	1	$V = -4,990 + 0,552 * G * Hd$	0,990	15
Pinete di pino domestico	2	$V = -0,001 + 0,679 * G * Hd$	0,997	8
Pinete di pino laricio	3	$V = 0,882 + 0,440 * G * Hd$	0,989	40
Eucalitteti governati a fustaia	4	$V = 3,585 + 0,340 * G * Hd$	0,993	6
Querceti governati a fustaia	5	$V = 4,865 + 0,543 * G * Hd$	0,924	21
Faggete	6	$V = 15,596 + 1,977 * G * \sqrt{Hd}$	0,894	31
Cedui (escluso faggio)	7	$V = 1,663 + 1,676 * G * \sqrt{Hd}$	0,949	21

Tabella 4 – Risultati della validazione dei modelli predittivi mediante procedura *leave-one-out*.  
 – Results of the validation of prediction models according to the *leave-one-out* procedure.

<i>Valenza dendrologica del modello</i>	<i>Media dei residui cancellati</i>	<i>Percentuale di varianza spiegata</i>	<i>Rapporto tra media dei residui cancellati assoluti e media del volume misurato</i>
	<i>(m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>)</i>	<i>(%)</i>	<i>(%)</i>
Pinete di pino d'Aleppo	0,189	98	7
Pinete di pino domestico	-0,344	99	3
Pinete di pino laricio	0,469	99	7
Eucalitteti governati a fustaia	-0,050	99	8
Querceti governati a fustaia	-0,207	92	12
Faggete	0,688	87	12
Cedui (escluso faggio)	1,087	89	18

risulta pari ad appena l'1% del valore medio inventariato del volume della massa legnosa) e di spiegare una porzione molto elevata della variabilità del volume della massa legnosa nell'ambito di ciascun insieme a valenza dendrologica omogenea. Il rapporto percentuale tra la media dei residui cancellati assoluti e la media del volume della massa legnosa fornisce l'ordine di grandezza dello scostamento rispetto al valore vero che in genere si può avere nella stima del volume di un dato popolamento: per tutti i modelli esso risulta soddisfacentemente non superiore al 12%, tranne che per i cedui, dove comunque risulta inferiore al 20%.

## 5. IMPIEGO DELLE TAVOLE DI POPOLAMENTO

Il volume della massa legnosa dei popolamenti forestali siciliani è risultato determinabile con buona approssimazione da equazioni stocastiche che hanno come variabili indipendenti l'area basimetrica a ettaro e l'altezza dominante. Le tavole elaborate (Tabelle 5-11) sono in grado di soddisfare le esigenze connesse a procedure estimative a costi contenuti e di protocolli inventariali destinati a fornire valutazioni complessive della massa legnosa per unità di superficie e costituiscono uno strumento sufficientemente valido per affidabilità estimativa e facilità di impiego, rappresentativo delle condizioni reali dei soprassuoli siciliani potenzialmente sottoposti a regolare attività selvicolturale. Le tavole forniscono il volume cormometrico nel caso delle conifere e quello dendrometrico nel caso delle latifoglie e si riferiscono a fusti con diametro a petto d'uomo uguale o superiore a 5 cm.

Le osservazioni campionarie utilizzate per l'elaborazione delle tavole sono state raccolte su aree di saggio di circa 500 m<sup>2</sup> ed è quindi opportuno

Tabella 5 – Valori medi attesi del volume della massa legnosa a ettaro ( $m^3ha^{-1}$ ) delle pinete di pino d'Aleppo in Sicilia (modello 1), in funzione di area basimetrica a ettaro ( $m^2ha^{-1}$ ) e altezza dominante (m).

– Estimated mean volume per hectare ( $m^3ha^{-1}$ ) of Aleppo pine stands in Sicily (model 1) as a function of basal area per hectare ( $m^2ha^{-1}$ ) and dominant height (m).

Area basimetrica ( $m^2ha^{-1}$ )	Altezza dominante (m)																			
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
5	9	12	14	17	20	23	25	28												
10		28	34	39	45	50	56	61	67	72										
15			53	61	70	78	86	94	103	111	119									
20				83	94	105	116	127	139	150	161									
25				105	119	133	147	161	174	188	202	216								
30					144	161	177	194	210	227	243	260								
35						188	208	227	246	265	285	304	323	343						
40							238	260	282	304	326	348	370	392	415	437				
45									318	343	368	392	417	442	467	492				

Tabella 6 – Valori medi attesi del volume della massa legnosa a ettaro ( $m^3ha^{-1}$ ) delle pinete di pino domestico in Sicilia (modello 2), in funzione di area basimetrica a ettaro ( $m^2ha^{-1}$ ) e altezza dominante (m).

– Estimated mean volume per hectare ( $m^3ha^{-1}$ ) of Italian stone pine stands in Sicily (model 2) as a function of basal area per hectare ( $m^2ha^{-1}$ ) and dominant height (m).

Area basimetrica ( $m^2ha^{-1}$ )	Altezza dominante (m)										
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
10		61	68	75	81	88					
15			102	112	122	132	143	153			
20				149	163	177	190	204	217		
25					204	221	238	255	272	289	
30						265	285	306	326	346	367
35							333	356	380	404	428
40							380	407	435	462	489
45							428	458	489	519	550
50									543	577	611

fare riferimento a questa estensione anche nella fase di raccolta dei dati per l'applicazione delle tavole stesse. In tal senso, qualora si opti per il rilievo relascopico, considerato che il diametro dei fusti a petto d'uomo non supera, in genere, 25 cm nel caso dei cedui e 50 cm nel caso delle fustaie, si consiglia l'adozione di un fattore di numerazione pari a 1 nel caso dei cedui e pari a 4 nel caso delle fustaie. Per quanto riguarda il rilievo ipsometrico l'altezza va misurata sui tre fusti (dendrotipo «individuo d'altofusto» nel caso delle fustaie, dendrotipo «pollone» nel caso dei cedui) di maggiore dimensione presenti sull'area esplorata per la determinazione dell'area basimetrica.

L'impiego delle tavole prodotte è indicato soprattutto nelle situazioni in cui sia possibile adottare procedure speditive per la determinazione dell'area basimetrica per unità di superficie: in particolare, l'ambito appli-

Tabella 7 – Valori medi attesi del volume della massa legnosa a ettaro ( $m^3ha^{-1}$ ) delle pinete di pino laricio in Sicilia (modello 3), in funzione di area basimetrica a ettaro ( $m^2ha^{-1}$ ) e altezza dominante (m).

– Estimated mean volume per hectare ( $m^3ha^{-1}$ ) of black stands in Sicily (model 3) as a function of basal area per hectare ( $m^2ha^{-1}$ ) and dominant height (m).

Area basimetrica ( $m^2ha^{-1}$ )	Altezza dominante (m)													
	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	
10	32	40	49	58										
15	47	60	73	87	100									
20			98	115	133	150								
25				144	166	188	210							
30				172	199	225	252	278						
35				201	232	263	293	324						
40				230	265	300	335	370	406	441				
45					298	337	377	417	456	496	535			
50							419	463	507	551	595	639		
55							461	509	557	606	654	703		
60								555	608	661	714	766		
65								601	659	716	773	830		
70									709	771	832	894	956	
75									760	826	892	958	1024	
80										881	951	1022	1092	
85											1011	1085	1160	

Tabella 8 – Valori medi attesi del volume della massa legnosa a ettaro ( $m^3ha^{-1}$ ) degli eucalitteti governati a fustaia in Sicilia (modello 4), in funzione di area basimetrica a ettaro ( $m^2ha^{-1}$ ) e altezza dominante (m).

– Estimated mean volume per hectare ( $m^3ha^{-1}$ ) of eucalypt high stands in Sicily (model 4) as a function of basal area per hectare ( $m^2ha^{-1}$ ) and dominant height (m).

Area basimetrica ( $m^2ha^{-1}$ )	Altezza dominante (m)																
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
5	12	14	15	17	19												
10		24	27	31	34	38	41	44	48								
15				49	55	60		65	70	75	80	85	90	95			
20								85	92	99	106	112	119	126	133		
25								106	114	123	131	140	148	157	165	174	
30									136	146	157	167	177	187	197	208	
35										182	194		206	218	230	242	253
40													235	248	262	276	289
45														279	294	310	325

cativo preferenziale è quello dei rilievi basati sulla stima relascopica dell'area basimetrica (prove relascopiche adiametriche) in corrispondenza di punti di sondaggio dislocati secondo uno schema di campionamento probabilistico (CORONA, 2007).

L'auspicata e per certi versi obbligata redazione di strumenti pianificatori quali i piani di gestione o di assestamento, almeno per i maggiori com-

Tabella 9 – Valori medi attesi del volume della massa legnosa a ettaro ( $m^3ha^{-1}$ ) dei querceti governati a fustaia in Sicilia (modello 5), in funzione di area basimetrica a ettaro ( $m^2ha^{-1}$ ) e altezza dominante (m).

– Estimated mean volume per hectare ( $m^3ha^{-1}$ ) of oak high stands in Sicily (model 5) as a function of basal area per hectare ( $m^2ha^{-1}$ ) and dominant height (m).

Area basimetrica ( $m^2ha^{-1}$ )	Altezza dominante (m)																
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
5	18	21	24	27	29	32	35	37									
10				48	54	59	65	70	75								
15					78	86	94	103	111	119	127	135	143	152			
20					103	113	124	135	146	157	168	179	190	200	211		
25						141	154	168	181	195	209	222	236	249	263		
30							168	184	200	217	233	249	266	282	298	314	
35								214	233	252	271	290	309	328	347	366	385
40								244	266	287	309	331	352	374	396	418	439
45								274	298	323	347	371	396	420	445	469	494

Tabella 10 – Valori medi attesi del volume della massa legnosa a ettaro ( $m^3ha^{-1}$ ) delle faggete in Sicilia (modello 6), in funzione di area basimetrica a ettaro ( $m^2ha^{-1}$ ) e altezza dominante (m).

– Estimated mean volume per hectare ( $m^3ha^{-1}$ ) of beech stands in Sicily (model 6) as a function of basal area per hectare ( $m^2ha^{-1}$ ) and dominant height (m).

Area basimetrica ( $m^2ha^{-1}$ )	Altezza dominante (m)															
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10	60	64	68													
15		88	94	99	105	109	114	118	123							
20			120	127	134	141	147	153	158	164						
25						172	180	187	194	201	207	213	219			
30						203	212	221	229	238	245	253	260	267		
35						234	245	255	265	274	284	292	301	309	317	
40								290	301	311	322	332	342	351	360	369
45								324	336	348	360	371	382	393	403	413
50										398	411	423	435	446	458	

Tabella 11 – Valori medi attesi del volume della massa legnosa a ettaro ( $m^3ha^{-1}$ ) dei cedui (esclusi quelli a prevalenza di faggio) in Sicilia (modello 7), in funzione di area basimetrica a ettaro ( $m^2ha^{-1}$ ) e altezza dominante (m).

– Estimated mean volume per hectare ( $m^3ha^{-1}$ ) of coppice stands (beech excluded) in Sicily (model 7) as a function of basal area per hectare ( $m^2ha^{-1}$ ) and dominant height (m).

Area basimetrica ( $m^2ha^{-1}$ )	Altezza dominante (m)															
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5	17	19	21	22	23	25	26	27								
10		39	43	46	49	51	54	56	59	61						
15			65	69	74	78	82	85	89	92	96	99				
20				93	99	104	110	114	119	124	128	132	137	141		
25						131	137	143	149	155	161	166	171	176	181	186
30								173	180	186	193	199	206	212	218	223

pleggi boscati dell'Isola, rendono particolarmente utile questo strumento. Se, infatti, con un buon grado di approfondimento si possono avere informazioni attendibili di tipo ambientale sui boschi – inclusi spesso in aree protette e che, come nel caso dei siti Natura 2000, si stanno dotando di piani di gestione e quindi hanno ultimato il quadro conoscitivo – mancano in genere informazioni di tipo dendrometrico. Si assiste inoltre a un crescente interesse verso le biomasse per uso energetico il cui utilizzo necessita di strumenti idonei a fini estimativi.

#### RICONOSCIMENTI

Lavoro svolto nell'ambito delle attività di Assistenza Tecnica al Dipartimento Foreste della Regione Siciliana per la definizione del Piano Forestale Regionale (Misura 7.01 del POR Sicilia 2000-2006 – Cod. Id. 1999.IT16.IPO.0.11/7.01/2.49/0003) condotte da parte dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali e dell'Università degli Studi di Palermo (coordinatore: Prof. Orazio Ciancio).

#### SUMMARY

##### **Stand volume tables for forest stands in Sicily**

The aim of this study was to set up stand volume tables for easy and reliable estimation of the woody mass of coppices and high forest stands in Sicily. In this note we describe the statistical analyses which were carried out and we discuss results and their potential application. The use of stand volume tables is suggested mainly when it is possible to adopt quick, effective procedures for the assessment of the unitary basal area: in particular, the major potential is for surveys based upon relascope estimation of basal area in correspondence of sample points positioned according to probabilistic sampling schemes.

#### BIBLIOGRAFIA

- BASSI S., BARATOZZI L., SCARELLI M., TABACCHI G., MALTONI M.L., BERTANI R., 2000 – *Tavole dendrometriche regionali*. Assessorato Agricoltura, Ambiente e Sviluppo, Regione Emilia-Romagna, Documenti studi e ricerche 27, Bologna.
- BIANCHI M., 1984 – *Una tavola per la determinazione diretta della massa legnosa in piedi nelle fagete della Toscana*. Ricerche sperimentali di dendrometria e auxometria, Fasc. 10. Università di Firenze, Istituto di Assestamento Forestale, Firenze.
- CUNIA T., 1987 – *Use of dummy variables techniques in the estimation of biomass*

- regression*. In: Wharton E.H., Cunia T. (eds.), Estimating tree biomass regressions and their error. USDA, Forest Service NE-GTR-117, p. 37-48.
- DEL FAVERO R., 1980 – *Sulla stima della massa legnosa dei cedui da sottoporre a utilizzazione*. Atti 2, Università di Padova, Istituto di Ecologia e Selvicoltura, Padova.
- CASTELLANI C., SCRINZI G., TABACCHI G., TOSI V., 1984 – *Inventario Forestale Nazionale Italiano. Tavole di cubatura a doppia entrata*. MAF/ISAF, Trento.
- CORONA P., 2000 – *I sistemi di cubatura*. In: Del Favero R. (a cura di), Biodiversità e indicatori nei tipi forestali del Veneto. Commissione Europea, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Regione del Veneto, Mestre, p. 47-54.
- CORONA P., 2007 – *Metodi di inventariazione delle masse e degli incrementi legnosi in assestamento forestale*. Aracne Editrice, Roma.
- INFC, 2006 – *Procedure di posizionamento e di rilievo degli attributi di terza fase*. MIPAF, CFS, CRA - Istituto per l'Assestamento Forestale e l'Alpicoltura, Trento.
- INFC, 2007 – *Le stime di superficie 2005*. Autori G. Tabacchi, F. De Natale, L. Di Cosmo, A. Floris, C. Gagliano, P. Gasparini, I. Salvadori, G., Scrinzi, V. Tosi – Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio. MiPAF - Corpo Forestale dello Stato - Ispettorato Generale, CRA - ISAF, Trento. [on line] URL: <http://www.infc.it>.
- SOTTOVIA L., TABACCHI G., 1996 – *Tavole per la determinazione diretta della massa legnosa in piedi dei boschi cedui del Trentino*. ISAF, Comunicazioni di Ricerca, 1: 5-30.
- TABACCHI G., TOSI V., 1985 – *Tre equazioni per la stima diretta della massa legnosa delle pinete a pino silvestre italiane*. Monti e Boschi, 2: 50-55.
- UN-ECE/FAO, 1997 – *UN-ECE/FAO Temperate and Boreal Forest Resources Assessment 2000. Terms and definitions*. United Nations, Geneva, Switzerland.

262 bianca