

## Il legno morto dei boschi: indagine sulla densità basale del legno di alcune specie del Trentino

Morelli S, Paletto A\*, Tosi V

CRA - Unità di ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale (MPF), p.zza Nicolini n.6 - 38100 Villazzano di Trento (TN, Italy) - \*Corresponding Author: Alessandro Paletto (alessandro.paletto@entecra.it).

**Abstract:** *Deadwood in forest stands: assessment of wood basic density in some tree species, Trentino, Italy.* Given the importance of deadwood as temporary carbon storage, the present paper reports preliminary results on the application of a method to quantify carbon content of standing and lying deadwood in the forest. The investigation, carried out in the Province of Trento, has been addressed to three important forest species in the local and Italian context: spruce (*Picea abies* (L.) Karst.), fir (*Abies alba* Miller) and beech (*Fagus sylvatica* L.). Wood analysis has concerned the assessment of the main qualitative characteristics. The variables considered were: volume, decay class and category (log or snag). After a laboratory step, data collected in the field allowed to estimate fresh wood density, basic wood density and carbon stock for the three species in the different decay classes. The present study allowed the method used to be tested on a partial collection of deadwood samples, with the perspective of its application to the deadwood volumetric data collected during the third phase of the current National Inventory of Forests and Forest Carbon Sinks (INFC).

**Keywords:** Necromass, Decay stage, Wood basic density, Carbon stock, Mountain forest.

Received: Jul 16, 2007 - Accepted: Sep 19, 2007

**Citation:** Morelli S, Paletto A, Tosi V (2007). Il legno morto dei boschi: indagine sulla densità basale del legno di alcune specie del Trentino. *Forest@* 4 (4): 395-406. [online] URL: <http://www.sisef.it/forest@/>.

### Introduzione

La necromassa rappresenta una componente dell'ecosistema forestale, la cui importanza dal punto di vista gestionale è stata riconosciuta a pieno titolo soltanto in questi ultimi anni, in particolare da quando si è affermato a livello internazionale il concetto di Gestione Forestale Sostenibile (GFS). In passato, secondo i canoni classici della selvicoltura tradizionale, la presenza di soggetti morti in bosco ha sempre rappresentato un fenomeno di disturbo sia per motivi fitosanitari (La Fauci et al. 2006) sia per il maggior rischio d'incendi (Camia et al. 2001). Attualmente, grazie all'inserimento della necromassa presente in bosco tra gli indicatori pan-europei di GFS e alla maggiore sensibilità della società nei confronti della biodiversità, questa componente è stata rivalutata mettendone in luce anche gli aspetti positivi (Marchetti & Lombardi 2006).

A livello terminologico la necromassa è definita dal *Global Forest Resources Assessment 2005* come tutta

la biomassa legnosa non vivente, non contenuta nella lettiera, sia essa in piedi, a terra o nel suolo; rientrano in questa definizione gli alberi interi o frammenti di legno appoggiato a terra, le radici morte e le ceppe purché superiori ad una soglia dimensionale prestabilita (10 cm quella suggerita dalla FAO 2004).

Il ruolo della necromassa nell'ecosistema forestale è legato a svariati aspetti che comprendono il miglioramento della diversità naturale (Nordèn et al. 2004), lo stoccaggio e il lento rilascio del carbonio e dei nutrienti (Holub et al. 2001, Laiho & Prescott 1999), il mantenimento della fertilità favorevole alla rinnovazione naturale (Stockli 1996), la conservazione del suolo e il miglioramento della stabilità dei versanti dal rischio idrogeologico (Hagan & Grove 1999). In particolar modo la funzione di fissazione temporanea del carbonio ha richiamato l'attenzione del mondo scientifico da quando questa componente è stata inclusa nei cinque *pools* (biomassa epigea e ipogea, necromassa, lettiera e suolo) che possono essere con-

**Tab. 1** - Densità allo stato fresco ( $P_f$  - g/cm<sup>3</sup>) e densità basale ( $D_b$  - g/cm<sup>3</sup>) dei campioni di necromassa per classe di decadimento.

Tipologia	Classe decadim.	Abete rosso				Abete bianco				Faggio						
		N° campioni	$P_f$		$D_b$		N° campioni	$P_f$		$D_b$		N° campioni	$P_f$		$D_b$	
			media	dev st	media	dev st		media	dev st	media	dev st		media	dev st		
Log	1	7	0.533	0.206	0.315	0.108	8	0.557	0.208	0.386	0.189	5	0.988	0.217	0.658	0.158
	2	8	0.485	0.099	0.337	0.058	8	0.614	0.263	0.393	0.203	5	0.771	0.423	0.498	0.242
	3	8	0.487	0.074	0.304	0.055	8	0.526	0.125	0.340	0.070	6	0.714	0.230	0.490	0.204
	4	7	0.447	0.183	0.261	0.126	9	0.570	0.202	0.232	0.062	6	0.641	0.144	0.393	0.127
	5	7	0.467	0.122	0.216	0.088	6	0.476	0.330	0.161	0.098	7	0.458	0.309	0.217	0.117
Snag	1	7	0.540	0.042	0.411	0.036	8	0.521	0.235	0.353	0.103	1	0.723	0.053	0.543	0.032
	2	7	0.503	0.085	0.355	0.055	7	0.497	0.138	0.400	0.113	2	0.750	0.070	0.596	0.044
	3	7	0.442	0.122	0.336	0.068	7	0.503	0.109	0.424	0.091	3	0.636	0.068	0.525	0.087
	4	7	0.385	0.105	0.294	0.099	6	0.369	0.146	0.304	0.113	4	0.838	0.302	0.614	0.120
	5	9	0.364	0.147	0.138	0.055	8	0.325	0.152	0.163	0.056	4	0.534	0.210	0.232	0.089
Log + Snag	1	14	0.536	0.143	0.363	0.092	16	0.539	0.216	0.369	0.148	6	0.922	0.222	0.630	0.145
	2	15	0.493	0.090	0.345	0.056	15	0.559	0.215	0.396	0.161	7	0.763	0.318	0.537	0.189
	3	15	0.466	0.098	0.319	0.062	15	0.515	0.114	0.379	0.089	9	0.693	0.198	0.500	0.176
	4	14	0.416	0.147	0.277	0.110	15	0.490	0.203	0.261	0.090	10	0.720	0.229	0.481	0.164
	5	16	0.409	0.142	0.172	0.079	14	0.390	0.245	0.162	0.073	11	0.486	0.268	0.222	0.103

tabilizzati nel bilancio nazionale relativo allo stoccaggio d'anidride carbonica dei soprassuoli forestali da parte dei paesi firmatari del Protocollo di Kyoto (UNEP 1997). Tale funzione della necromassa è legata da un lato alla stima dello *stock* di carbonio contenuto nel materiale a terra o nei soggetti in piedi ai vari stadi di decomposizione e dall'altro al modo in cui si colloca la componente morta nel ciclo del carbonio e ai conseguenti tempi di rilascio in atmosfera (Vallauri et al. 2003).

Sulla base delle suddette considerazioni, la ricerca si è focalizzata sulla misura di alcuni parametri, principalmente l'umidità percentuale allo stato secco, la densità allo stato fresco (massa volumica) e la densità basale del legno morto, di tre importanti specie forestali. In questo modo si ritiene anche di fornire un contributo ai metodi di stima dell'entità di carbonio stoccato nella componente morta degli ecosistemi forestali da impiegare per il *reporting* previsto dal Protocollo di Kyoto.

## Materiali e metodi

L'area di studio nella quale sono stati prelevati i campioni di necromassa è rappresentata da 13 siti distribuiti, a seconda della categoria forestale, all'interno del territorio della provincia di Trento e ricadenti

rispettivamente in cinque principali unità geografiche: Valle dei Mocheni, Altopiano di Folgaria e Lavarone, Valle dell'Adige, Valle di Cembra e Valle dei Ronchi. I campioni sono stati prelevati all'interno di ogni singolo sito adottando una serie di accorgimenti tali da renderne casuale la scelta; all'interno dell'area, ritenuta omogenea in relazione alla presenza di necromassa, è stato scelto a caso un punto di partenza dal quale gli operatori percorrevano una direttrice prestabilita prelevando un campione di necromassa ogni tre intercettati.

Essendo il lavoro finalizzato all'analisi del carbonio immagazzinato nella necromassa di grosse dimensioni<sup>1</sup> presente in foresta, è stata prevista una prima fase di test della metodologia su tre specie campione: abete bianco, abete rosso e faggio. In particolare sono stati raccolti ed analizzati in laboratorio complessivamente 192 campioni di necromassa ripartiti uniformemente non solo per specie forestale, ma anche per categoria di necromassa e classe di de-

1 - La necromassa di grosse dimensioni (*Coarse Woody Debris* - CWD) è quella che presenta una soglia diametrica superiore o uguale a 10 cm e si distingue dalla necromassa fine o di piccole dimensioni (*Fine Woody Debris* - FWD) con diametri inferiori a 10 cm fino ad una soglia minima di 2.5 cm (Densmore et al. 2004).

Tab. 2 - Classi di decadimento della necromassa.

Classe di decadimento	Corteccia	Rametti di 3 cm	Legno		Caratteri visibili (Funghi, marcescenze, ecc)
			Consistenza legno a terra	Fusto in piedi	
1 <sup>a</sup>	Intatta e attaccata al legno	Presenti	Intatta	Integro	Possibile micelio fungino sviluppato in piccole aree sottocorteccia
2 <sup>a</sup>	Intatta ma allentata (non ancora staccata)	Parzialmente presenti	Intatta	Integro	Zone marcescenti che si estendono per meno di 3cm
3 <sup>a</sup>	Tracce di corteccia presenti	Assenti	In larghi pezzi	Parzialmente troncato nella parte apicale	Zone marcescenti che si estendono per più di 3cm e concomitante presenza di un nucleo consistente
4 <sup>a</sup>	Assente	Assenti	In blocchi	Troncato	Zone marcescenti che si estendono su tutto il frammento che a sua volta è molliccio e spesso di forma irregolare
5 <sup>a</sup>	Assente	Assenti	Polverosa	Disgregato	Singole scaglie spesso coperte dal terreno, muschio e licheni

cadimento (Tab. 1). Il materiale al suolo comprendeva sia individui interi o loro parti atterrate per cause naturali sia residui di passate utilizzazioni.

In funzione della *categoria* sono stati distinti gli alberi morti in piedi (*Standing Dead Trees* o *Snag*) dal legno a terra (*Lying Deadwood* o *Log* - Barreca et al. 2005, Stokland et al. 2004). Nel primo gruppo rientrano sia i soggetti in piedi in posizione eretta, sia quelli piegati, schiantati o sradicati, ma ancora ancorati al suolo, mentre nel secondo gruppo troviamo sia alberi interi (con o senza ciocco radicale) non più ancorati al suolo sia porzioni di fusto, branche principali e rami secondari, che complessivamente si possono indicare come *frammenti* di legno morto (Albrecht 1991).

La *classe di decadimento* riguarda il più o meno avanzato grado di decomposizione del legno che attraverso vari stadi dal soggetto integro arriva fino alla completa disgregazione e passaggio a lettiera e humus; i frammenti di necromassa di piccole dimensioni vengono solitamente considerati come parte integrante della lettiera, in qualche caso solo se inferiori ai 2.5 cm di diametro (Woldendorp et al. 2002), mentre le linee guida per il *reporting* del Protocollo di Kyoto suggeriscono di inglobare nella lettiera tutto il materiale inferiore alla soglia di 10 cm (IPCC 2006). Questa informazione rappresenta una caratteristica chiave per quantificare il carbonio contenuto nelle varie componenti della necromassa e i conse-

guenti tempi di rilascio (Stokland et al. 2004).

La classe di decadimento dei singoli campioni di necromassa è stata valutata a vista, in funzione delle caratteristiche fisiche più evidenti, distintamente per categoria e specie, assegnando ciascun campione ad una delle cinque classi previste, secondo la modalità di classificazione più diffusa a livello internazionale (Hunter 1990). La valutazione si è basata su quattro parametri distintivi, con piccole differenze tra le piante morte in piedi e i frammenti a terra: presenza di corteccia, presenza di rametti con diametro inferiore ai 3 cm, consistenza del legno (o integrità del fusto per le piante in piedi) e livello di marcescenza per i soli frammenti al suolo (Tab. 2). Volendo verificare la praticabilità di un metodo speditivo, facilmente replicabile per fini inventariali su vasta scala, è stata scartata in partenza l'idea di impiegare costose tecnologie densitometriche in sito o in laboratorio per la determinazione dello stadio di decadimento.

L'inquadramento della classe di decomposizione del legno morto assume significato sia in relazione alla biodiversità dell'ecosistema forestale, in quanto ai vari stadi di decadimento si associano differenziate comunità di organismi, sia per la progressiva riduzione del contenuto di carbonio stoccato nei tessuti con l'avanzare dello stato di decomposizione.

Dopo queste valutazioni qualitative ciascun campione di necromassa è stato sottoposto ad una serie di misure quantitative finalizzate al rilievo di due

**Fig. 1** - Strumentazione per il prelievo dei cilindretti di necromassa e dimensione dei fori di estrazione.



parametri principali: il volume e la massa.

Il volume del legno morto è stato determinato con sistemi geometrici misurando, per la componente a terra, i diametri nella sezione minima, massima e mediana e la rispettiva lunghezza, mentre per la componente in piedi il diametro a petto d'uomo e l'altezza. In quest'ultimo caso il calcolo del volume è stato condotto utilizzando le equazioni stereometriche dell'Inventario Forestale Nazionale del 1985 (Castellani et al. 1984).

La determinazione della massa è stata condotta estraendo delle porzioni di legno di forma cilindrica dai campioni di necromassa ed effettuando su di esse misure di peso fresco e di peso secco in laboratorio. Per ricavare i cilindri di legno dal campione di necromassa è stato rielaborato un metodo di prelievo

(Keller et al. 2004) consistente nell'estrazione mediante un trapano a batterie da 20.4 V con punta a fustella riadattata (Fig. 1) di una porzione di legno a sezione cilindrica di dimensione prestabilita, che nelle prove effettuate variava da 15.30 cm<sup>3</sup> a 56.52 cm<sup>3</sup> (Fig. 2). Poiché il campione estratto conteneva anche la corteccia, in laboratorio la porzione di ritidoma è stata equilibrata (riducendone lo spessore qualora necessario), in modo da mantenere costante il rapporto tra lo spessore complessivo e quello della corteccia nei vari campioni.

Allo scopo di evitare quanto più possibile la soggettività da parte del rilevatore nella scelta del punto d'estrazione dei campioni, si è deciso aprioristicamente di estrarre i cilindri secondo i seguenti criteri:

- per le piante morte in piedi, prelievo a 1.3 m dal



**Fig. 2** - Cilindri di legno di necromassa estratti.



**Fig. 3** - Essiccatore e bilancia elettronica per la misura del peso dei campioni di necromassa.

suolo con la punta del trapano diretta verso valle nei terreni in pendenza (inclinazione media del versante nel punto di prelievo superiore ai 20°) e verso nord per quelli pianeggianti;

- per i soggetti interi o i frammenti a terra, prelievo nella sezione mediana, scegliendo il lato maggiormente rappresentativo delle condizioni medie di decomposizione.

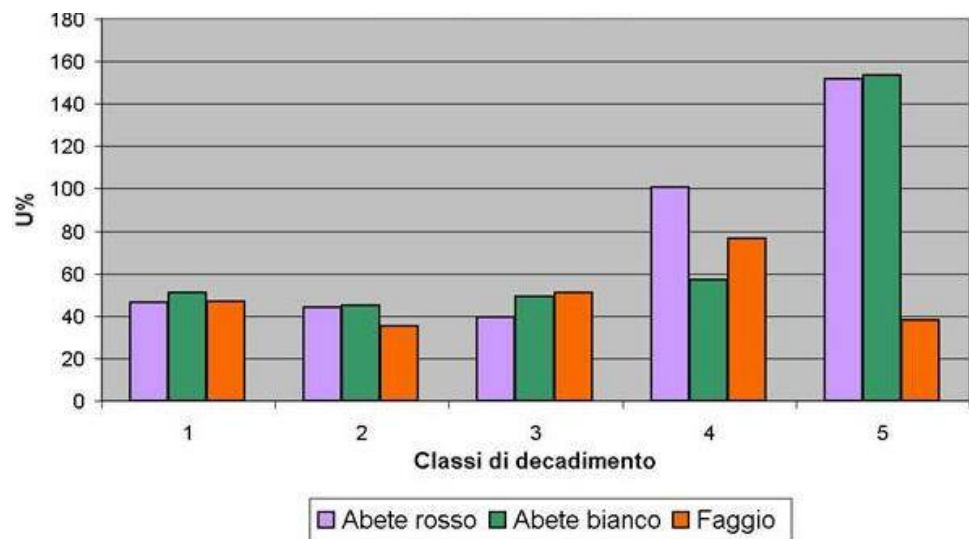
Il cilindro di legno ricavato dalla punta a fustella del trapano veniva in seguito estratto con l'ausilio di martello e scalpello, facendo attenzione ad evitare rotture trasversali e la lunghezza veniva misurata con un calibro che consentiva stime approssimate al decimo di millimetro. Il volume dei campioni cilindrici è stato calcolato rilevando due diametri tra loro perpendicolari nella sezione iniziale e finale e la lunghezza tra le due sezioni.

Inoltre, per non alterare le misure del peso fresco ed evitare perciò di introdurre ulteriori fattori distortivi associati alle condizioni climatiche o ai sistemi di stoccaggio e trattamento, si sono adottati i seguenti accorgimenti:

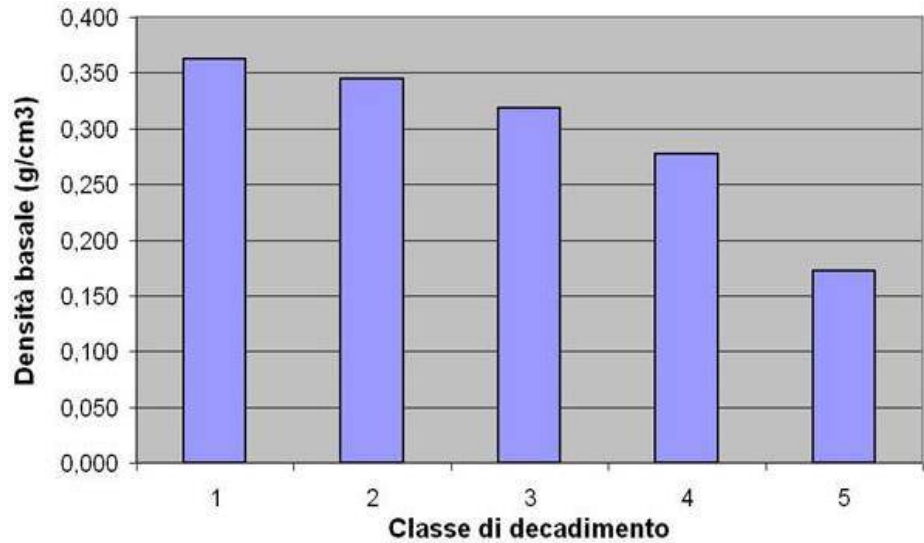
- prelievi effettuati solo in giornate con condizioni climatiche asciutte (assenza di precipitazioni il giorno del rilievo e quello antecedente);
- campioni conservati in buste di plastica sigillate ermeticamente per evitare la perdita d'umidità;
- operazioni di laboratorio eseguite entro 24 ore dalla raccolta.

Una particolare scansione temporale era prevista nel susseguente lavoro di laboratorio per le determinazioni ponderali, che di solito si protraeva per due giornate: durante il primo giorno si procedeva al rilievo, tramite bilancia analitica, del peso fresco dei

**Fig. 4** - Umidità percentuale per specie e classe di decadimento.



**Fig. 5** - Densità basale della necromassa di abete rosso per classe di decadimento (*snag + log*).



singoli campioni, che successivamente venivano seccati in stufa, dopo averli riposti in appositi contenitori in alluminio precedentemente tarati, ad una temperatura di 105°C per 24 ore. Il secondo giorno se ne rilevava il peso secco, pesando i campioni una volta raffreddati in un essiccatore con gel di silice (Fig. 3) che garantiva un'atmosfera anidra attorno ai campioni. Questo accorgimento si è reso necessario a seguito della scelta di disporre di campioni di dimensioni ridotte e di utilizzare per le pesate una bilancia analitica con precisione al milligrammo. Infatti, vista la sensibilità dello strumento di misura, pesando i campioni caldi appena usciti dalla stufa si sarebbe verificato un effetto di alleggerimento, causato dalla colonna d'aria ascendente creata dal campione stesso; viceversa lasciando raffreddare i campioni in atmosfera, essi avrebbero assorbito umidità con conseguente sovrastima del loro valore di massa reale.

**Risultati e discussione**

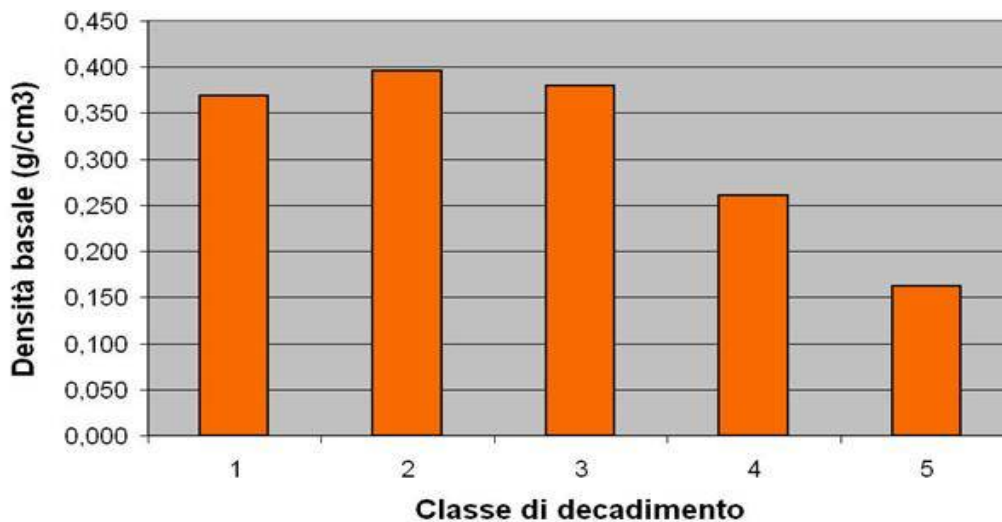
Le misure effettuate in laboratorio sui cilindretti di necromassa hanno consentito di calcolare l'umidità percentuale riferita al peso secco (*u%*), la densità allo stato fresco (*Q<sub>f</sub>*), data dal rapporto tra il peso fresco e il volume allo stato fresco, e la densità basale (*D<sub>b</sub>*) quale rapporto tra il peso anidro ed il volume allo stato fresco.

$$u \% = \frac{P_f - P_s}{P_s} \cdot 100$$

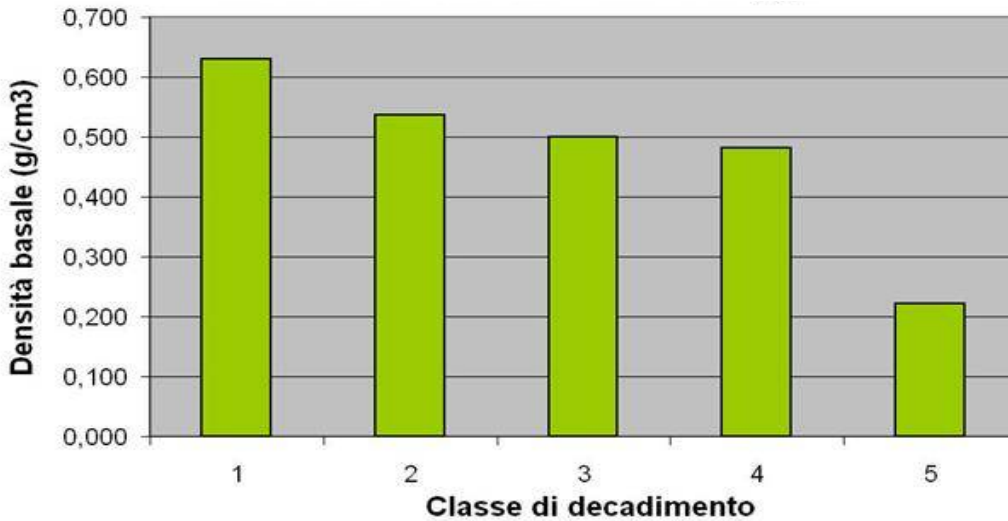
$$\rho_f = \frac{P_f}{V_f}$$

$$D_b = \frac{P_s}{V_f}$$

dove *P<sub>f</sub>* = peso fresco (g); *P<sub>s</sub>* = peso secco (g); *V<sub>f</sub>* = volume allo stato fresco (cm<sup>3</sup>).



**Fig. 6** - Densità basale della necromassa di abete bianco per classe di decadimento (*snag + log*).



**Fig. 7** - Densità basale della necromassa di faggio per classe di decadimento (*snag* + *log*).

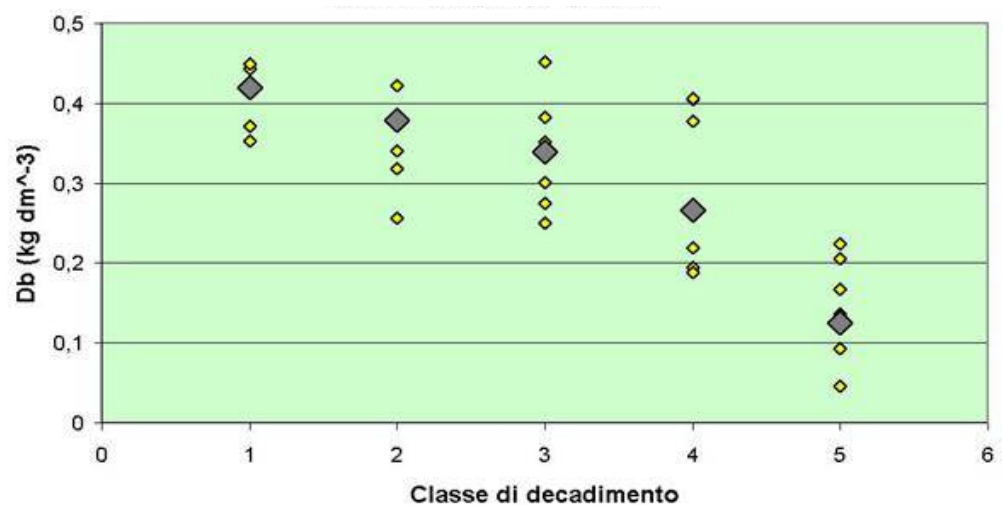
Per quanto concerne i dati di *umidità percentuale* delle differenti specie si evidenzia come non esista una sostanziale differenza tra le prime tre classi di decomposizione, mentre aumenta vistosamente passando dalla 3<sup>a</sup> alla 4<sup>a</sup> classe per crescere ulteriormente nella 5<sup>a</sup>. Questa tendenza è caratteristica delle due conifere (abete rosso e abete bianco), mentre il faggio presenta differenze nell'umidità percentuale molto più contenute (Fig. 4) tra le classi di decomposizione.

La *densità allo stato fresco* calcolata sui campioni di necromassa ha evidenziato una correlazione negativa con la classe di decadimento, se si escludono alcuni valori anomali di osservazioni che divergono dalla tendenza generale, fenomeno riscontrato soprattutto tra classi vicine e associato alla presenza di soggetti con caratteristiche intermedie tra una classe e la successiva. A proposito di questo parametro occorre tenere presente che il tasso di decadimento presenta un'elevata variabilità, legata, oltre che alla specie an-

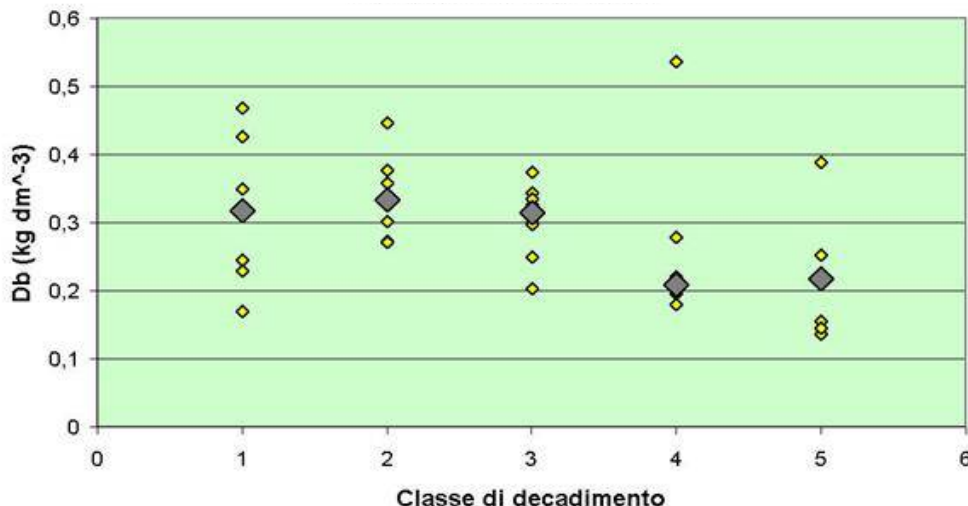
che alla regione e alle condizioni climatiche (è elevato in condizioni caldo-umide, basso in ambienti freddi e asciutti). La velocità di decomposizione varia inoltre tra *log* e *snag*: nel materiale a contatto del suolo i processi di degrado della materia sono accelerati (del 50% su alcune specie di pini nordamericani - Barber & Van Lear 1984).

A livello generale si evidenzia un comportamento analogo per le due conifere sintetizzabile nell'iniziale forte decremento della densità allo stato fresco, appena dopo la morte della pianta, e da una successiva debole contrazione dello stesso passando da una classe a quella seguente. Il faggio presenta invece un comportamento differente, caratterizzato da una costante contrazione della densità allo stato fresco simile in tutte le classi. Questa differenza è probabilmente da ascrivere alle marcate differenze fisiche tra il legno di faggio rispetto a quelle di abete rosso e abete bianco.

**Fig. 8** - *Snag* di Abete rosso: distribuzione delle osservazioni di densità basale per classi di decadimento con relativi valori medi.



**Fig. 9** - Log di Abete rosso: distribuzione delle osservazioni di densità basale per classi di decadimento con relativi valori medi.

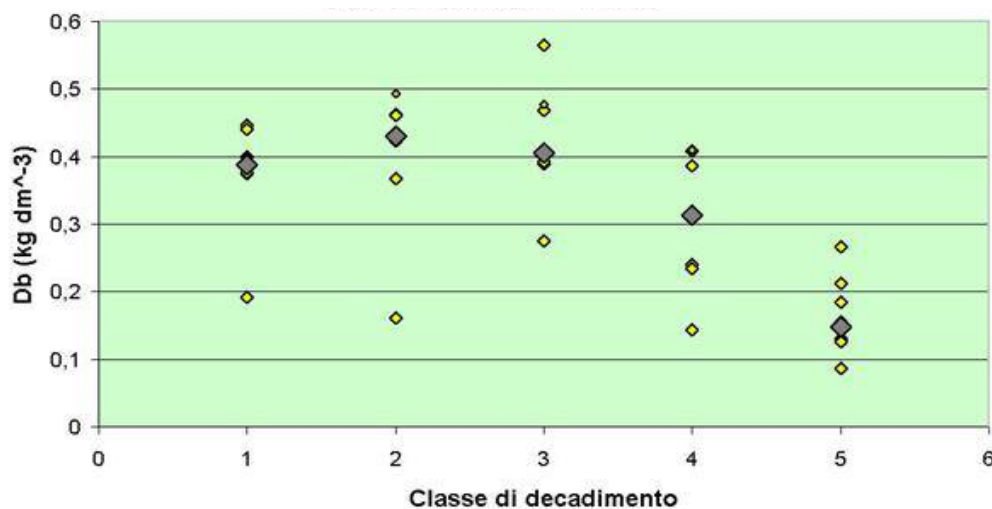


Per quanto concerne la *densità basale* nelle differenti classi di decadimento i risultati sono sintetizzati in Tab. 1 e mostrano un andamento inversamente proporzionale alla classe di decadimento per la necromassa di abete rosso (Fig. 5) e faggio (Fig. 7), mentre l'abete bianco fa registrare un'anomalia tra la 1<sup>a</sup> e la 2<sup>a</sup> classe di decadimento (Fig. 6) imputabile presumibilmente alla non accurata attribuzione della classe di decomposizione di alcuni campioni. Senza entrare nel dettaglio delle differenze tra necromassa in piedi e a terra, è interessante evidenziare come per l'abete rosso dalla prima all'ultima classe di decadimento si registri un decremento della densità basale del 36%, per l'abete bianco del 40% e per il faggio addirittura del 48%. Inoltre, sempre per tale parametro, per abete bianco e faggio si osserva una maggiore variabilità complessiva (coefficiente di variazione - CV) nei *log* rispetto agli *snag* ( $CV_L=51.3\%$ ,  $CV_S=40.7\%$  per il primo, rispettivamente  $CV_L=50.1\%$   $CV_S=40.3\%$  per il se-

condo), mentre per l'abete rosso la tendenza si inverte ( $CV_L=32.9\%$ ,  $CV_S=39.2\%$ ).

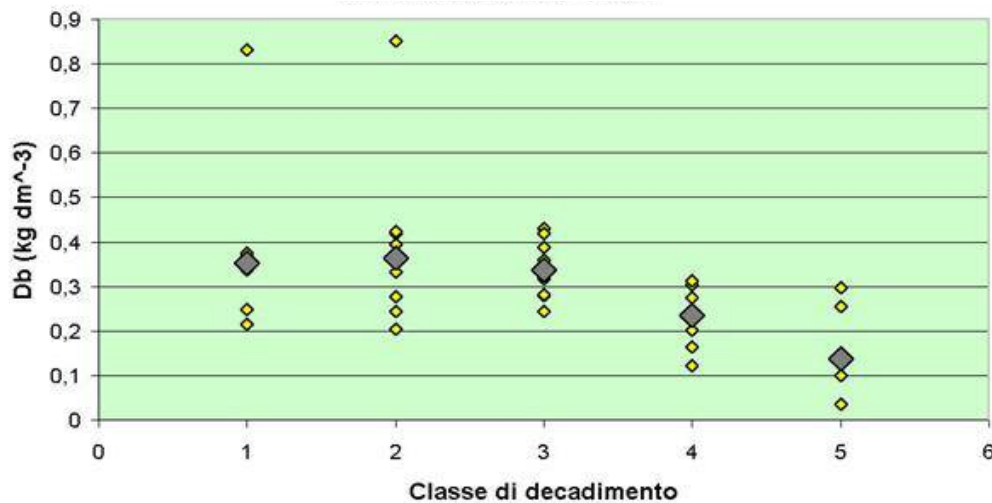
Nei successivi grafici (Fig. 8-13) vengono presentate le distribuzioni delle osservazioni di densità basale con le relative mediane di classe di decadimento, disgiuntamente per categorie di materiale (*log* e *snag*). Le tendenze illustrate in precedenza restano pressoché inalterate, mentre si osserva che i valori medi si mantengono costantemente più alti per il legno morto in piedi rispetto a quello a terra.

Nell'analisi dei vari test non parametrici utili per controllare se i gruppi di osservazioni indipendenti (campioni ricadenti nelle classi di decadimento) provengano dalla stessa popolazione e per verificare la significatività della differenza nella tendenza centrale, si è tenuto conto del fatto che le misure, rilevate su una scala continua, potevano essere disposte per ranghi e, trattandosi peraltro di gruppi con diverso numero di osservazioni, è stato scelto il test di Kru-



**Fig. 10** - Snag di Abete bianco: distribuzione delle osservazioni di densità basale per classi di decadimento con relativi valori medi.





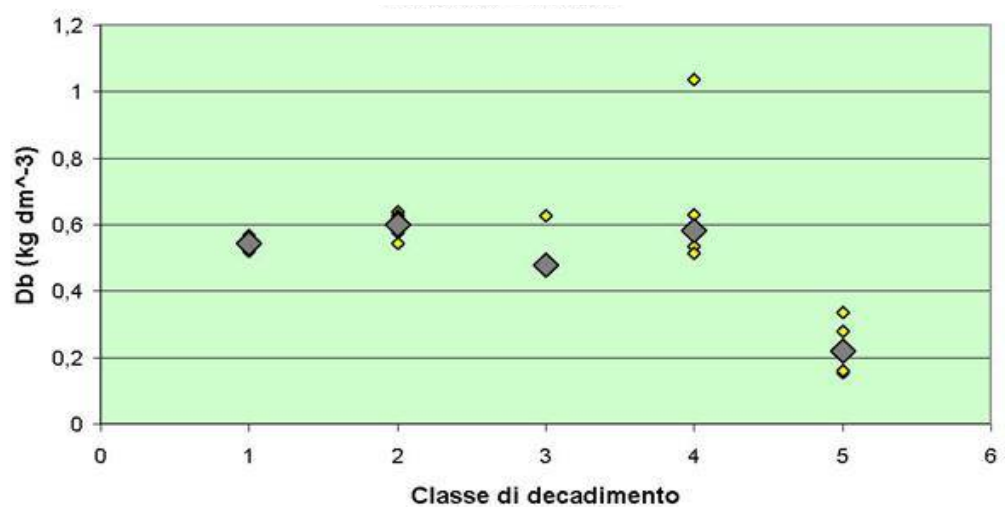
**Fig. 11** - Log di Abete bianco: distribuzione delle osservazioni di densità basale per classi di decadimento con relativi valori medi.

skal-Wallis. In particolare si è ricorso all'impiego di un test non parametrico dato l'esiguo numero di dati disponibili, insufficienti a dimostrare la normalità delle distribuzioni. I risultati ottenuti mostrano come, indipendentemente dalla specie, i gruppi siano significativamente differenti in entrambe le categorie (Tab. 3 e 4), l'unica anomalia si riscontra per i log di abete rosso dove il valore osservato ( $K=9.473$ ) risulta leggermente inferiore al valore critico ( $K=9.488$ ).

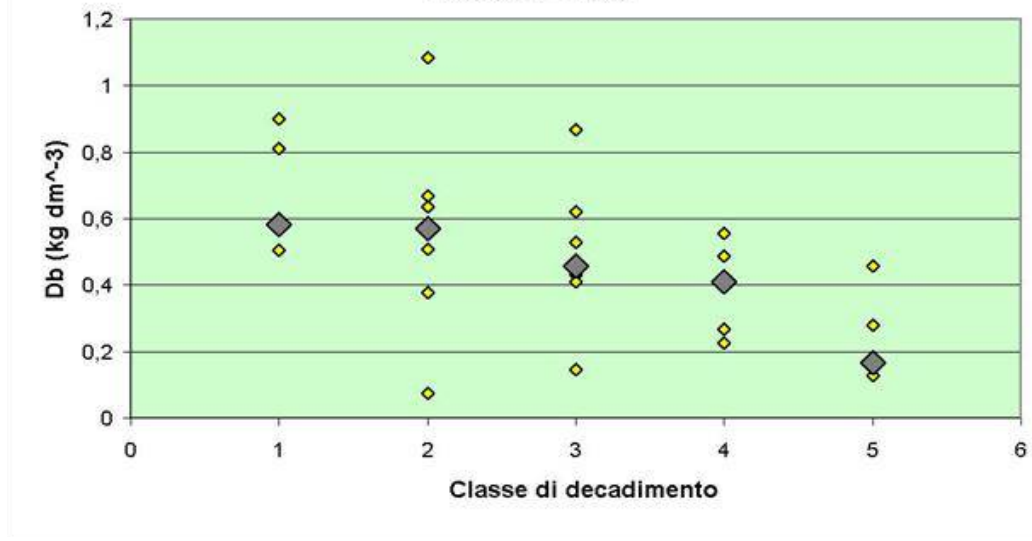
Il confronto con i valori di *default* proposti in campo internazionale ed eventualmente da applicare per il *reporting* degli stock di carbonio da contabilizzare per il Protocollo di Kyoto, indica una discreta somiglianza tra i dati di densità basale riportati nella tabella 4.14 (IPCC 2006), riferiti al legno integro non decomposto delle principali specie o generi dei climi temperato e boreale, e quelli della prima classe degli alberi in piedi (*snag*) risultanti dall'indagine (Tab. 5).

Giova ricordare l'utilità dei risultati relativi alla densità basale che possono essere convertiti in fitomassa secca e quindi carbonio stoccato per unità di superficie, applicando tali coefficienti specifici medi al volume complessivo di legno morto presente in un dato sito. A titolo esemplificativo si ricorda che in foreste primarie di faggio dove la necromassa totale (in piedi e a terra) può variare da 50 a 200 m<sup>3</sup>/ha (Di Filippo 2005, Wolynski 2001), ipotizzando una distribuzione uniforme nelle varie classi di decadimento e applicando i coefficienti sopra citati, si può far conto su un quantitativo di carbonio stoccato variabile dalle 12 alle 48 t/ha. Discorso diverso nelle foreste gestite dove il volume di necromassa totale presente raramente supera i 10-15 m<sup>3</sup>/ha (Vallauri et al. 2003) e conseguentemente lo *stock* di carbonio è dell'ordine delle 5-7 t/ha se vengono usati i coefficienti del faggio, leggermente più basso se ci troviamo in un abetina o pecceta.

**Fig. 12** - *Snag* di Faggio: distribuzione delle osservazioni di densità basale per classi di decadimento con relativi valori medi.



**Fig. 13** - Log di Faggio: distribuzione delle osservazioni di densità basale per classi di decadimento con relativi valori mediiani.



**Tab. 3** - Test di Kruskal-Wallis relativo alla categoria *snag*.

Abete rosso	Abete bianco	Faggio
K (Valore osservato)	23.271	K (Valore osservato) 17.798
K (Valore critico)	9.488	K (Valore critico) 9.488
GDL	4	GDL 4
p-value (bilaterale)	0.000	p-value (bilaterale) 0.001
alfa	0.05	alfa 0.05

**Tab. 4** - Test di Kruskal-Wallis relativo alla categoria *log*.

Abete rosso	Abete bianco	Faggio
K (Valore osservato)	9.473	K (Valore osservato) 16.826
K (Valore critico)	9.488	K (Valore critico) 9.488
GDL	4	GDL 4
p-value (bilaterale)	0.050	p-value (bilaterale) 0.002
alfa	0.05	alfa 0.05

Un ulteriore confronto si è potuto eseguire, per il rapporto *peso secco/peso fresco*, con i dati, anch'essi provenienti dal Trentino (Fattorini et al. 2005), che si riferiscono alle branche secche di soggetti vivi e radicati a terra impiegati per la costruzione di modelli di fitomassa (Tab. 6). Date queste caratteristiche si è ritenuto che la classe di decomposizione di questo materiale si potesse associare alla classe 1 dei soggetti in piedi dell'indagine. Come si può notare le due serie di dati sono molto simili.

**Conclusioni**

In conclusione si può asserire che la metodologia sperimentata presenta dei vantaggi in termini di semplicità applicativa per quanto concerne i prelievi in campo che richiedono la presenza di due operato-

ri dotati di attrezzatura poco sofisticata o pesante da trasportare. Conseguentemente anche i tempi e i costi risultano piuttosto contenuti, stimabili nell'ordine di un prelievo ogni quaranta minuti, di cui occorre tenere conto che la maggior parte del tempo è dedicata alla ricerca dei campioni con le caratteristiche desiderate (classe dimensionale e di decadimento). Per quanto riguarda i limiti metodologici merita segnalare le difficoltà di prelievo per i legni molto duri, la doverosa attenzione da porre alle specie con corteccia spessa al fine di non ricavare un campione sbilanciato nella proporzione legno-corteccia e l'inevitabile presenza di un'aliquota di soggettività nell'assegnazione della classe di decadimento. In ogni caso questi limiti risultano facilmente superabili con un minimo di attenzione che dovrà essere associata

**Tab. 5** - Confronto tra i valori di densità basale del presente studio con quelli IPCC.

Specie	Indagine legno morto CRA-ISAFSA (g/cm <sup>3</sup> )	IPCC 2006 (g/cm <sup>3</sup> )
<i>Picea abies</i> (L.) Karst.	0.41	0.40
<i>Abies spp.</i>	0.35	0.40
<i>Fagus sylvatica</i> L.	0.54	0.58

**Tab. 6** - Confronto tra i valori di peso secco/peso fresco del presente studio con quelli EFOMI.

Specie	Indagine legno morto CRA-ISAFSA (snag classe 1)		Studio EFOMI (branche legno secco)	
	P <sub>s</sub> /P <sub>f</sub>	Umidità riferita al P <sub>f</sub> (%)	P <sub>s</sub> /P <sub>f</sub>	Umidità riferita al P <sub>f</sub> (%)
<i>Picea abies</i> (L.) Karst.	0.77	23.4	0.76	23.9
<i>Abies alba</i> Miller	0.73	26.6	0.72	28.2
<i>Fagus sylvatica</i> L.	0.75	24.8	0.73	27.1

alla disponibilità di un laboratorio in grado di lavorare i campioni in tempi brevi al fine di non compromettere le misure di peso fresco. I risultati emersi forniscono un primo *step* nella stima del contenuto di carbonio presente nel legno morto del bosco. Poiché questa componente costituisce uno dei cinque *pools* previsti dal Protocollo di Kyoto, sarà importante riuscire ad estendere le prove, per ora effettuate soltanto su tre specie e su un limitato contesto territoriale, alle principali specie forestali nazionali e ad un campione a più ampia valenza geografica, al fine anche di un'eventuale applicazione dei coefficienti calcolati ai dati dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio (INFC). Si fa presente a questo proposito che a seguito della campagna di rilievi di terza fase INFC, sono stati raccolti dati sull'entità, in termini di volume, di legno morto (a terra e in piedi) presente nelle varie categorie forestali, distinta per classe di decadimento e per gruppo di specie (latifoglie e conifere). L'associazione dei dati di densità basale con quelli di volume stimati con l'INFC consentirà di determinare con maggiore precisio-

ne lo *stock* attuale di carbonio presente nelle necromasse di grosse dimensioni da utilizzare anche in funzione del Protocollo di Kyoto, permettendo di adottare, se non per questo, almeno per il prossimo *commitment period*, le procedure di stima basate sui livelli di qualità più elevati (*Tier 2* o *3*, secondo IPCC 2006).

### Bibliografia

- Albrecht L (1991). Die Bedeutung des toten Holzes in Wald. Forstw. Cbl. 110: 106-113.
- Barber BL, Van Lear DH (1984). Weight loss and nutrient dynamics in decomposing woody loblolly pine logging slash. Soil Science Society of America Journal 48 (4): 906-910.
- Barreca L, Gugliotta OI, Mercurio R (2005). Stime quantitative della necromassa in cedui di faggio nel Parco Nazionale dell'Aspromonte e nel Parco dell'Etna. Linea Ecologica 1: 40-45.
- Camia A, Corona P, Marchetti M (2001). Mappatura delle componenti ambientali predisponenti il rischio di incendi boschivi in Italia. L'Italia Forestale e Montana 6: 455-476.
- Castellani C, Scrinzi G, Tabacchi G, Tosi V (1984). Inventario Forestale Nazionale Italiano (I.F.N.I.). Tavole di cubatura a doppia entrata. Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura, Trento.
- Densmore N, Parminter J, Stevens V (2004). Corse woody debris: inventory, decay modelling, and management implications in three biogeoclimatic zones. Journal of Ecosystems and Management 5 (2): 14-29.
- Di Filippo A (2005). Le foreste vetuste. Linea Ecologica 2: 22-25.
- FAO (2004). Global Forest Resources Assessment Update 2005: Terms and Definitions. Working Papers 83/E, Forest Resources Assessment Programme, Rome.
- Fattorini L, Gasparini P, Nocetti M, Tabacchi G, Tosi V (2005). Above-ground tree phytomass prediction and preliminary shrub phytomass assessment in the forest stands of Trentino. In: (Salvadori C, Ambrosi P eds) "EFOMI - Ecological valuation in Alpine forest ecosystems by integrated monitoring". Museo Tridentino di Scienze Naturali, Trento. Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Biologica 81 (suppl. 1): 75-121.
- Hagan JM, Grove SL (1999). Coarse Woody Debris. Journal of Forestry 1: 6-11.
- Holub SM, Spears JDH, Lajtha K (2001). A reanalysis of nutrient dynamics in coniferous coarse woody debris. Canadian Journal of Forest Research 31: 1894-1902.
- Hunter ML (1990). Wildlife, forests and forestry. Prentice Hall, Englewood Cliffs, UK.

- IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme (Egglestone HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K eds). IGES, Japan.
- Keller M, Palace M, Asner GP, Pereira R, Silva JNM (2004). Coarse woody debris in undisturbed and logged forests in the eastern Brazilian Amazon. *Global Change Biology* 10: 784-795.
- La Fauci A, Bagnato S, Gugliotta OI, Mercurio R (2006). Osservazioni preliminari sulla necromassa in popolamenti di pino laricio nel Parco Nazionale dell'Aspromonte. *Forest@ 3 (1): 54-62*.
- Laiho R, Prescott CE (1999). The contribution of coarse woody debris to carbon, nitrogen, and phosphorus cycles in three Rocky Mountain coniferous forests. *Canadian Journal of Forest Research* 29: 1592-1603.
- Marchetti M, Lombardi F (2006). Analisi quali-quantitativa del legno morto in soprassuoli non gestiti: il caso di "Bosco Pennataro", Alto Molise. *L'Italia Forestale e Montana* 4: 275-301.
- Nordén B, Ryberg M, Götmark F, Olausson B (2004). Relative importance of coarse and fine woody debris for the diversity of wood-inhabiting fungi in temperate broadleaf forests. *Biological Conservation* 117: 1-10.
- Stokland JN, Tomter SM, Söderberg U (2004). Development of dead wood indicators for biodiversity monitoring: experiences from Scandinavia. In: (Marchetti M ed) "Monitoring and indicators of forest biodiversity in Europe - From ideas to operationality". *EFI proceedings* 51, pp. 207-226.
- Stockli B (1996). La régénération des forêts de montagne sur du bois mort. *La Forêt* 49: 6-12.
- UNEP (1997). Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations Environmental Program, Kyoto.
- Vallauri D, André J, Blondel J (2003). Le bois mort, une lacune des forêts gérées. *Revue Forestière Française* 2: 99-112.
- Woldendorp G, Keenan RJ, Ryan MF (2002). Coarse woody debris in Australian forest ecosystems. Report for the National Greenhouse Strategy, Module 6.6 (Criteria and Indicators of Sustainable Forest Management), April 2002.
- Wolynski A (2001). Significato della necromassa legnosa in bosco in un'ottica di gestione forestale sostenibile. *Sherwood* 67: 5-12.