

Interventi colturali e necromassa legnosa al suolo: il caso delle faggete Casentinesi

Salvadori G, Bianchi L*, Calamini G

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali e Forestali, Università degli Studi di Firenze, v. San Bonaventura 13, I-50145 Firenze (Italy) - *Corresponding Author: Livio Bianchi (livio.bianchi@unifi.it).

Abstract: *Cultural treatments and woody debris: the study case of beech forests in Casentino (Italy).* This paper shows the first results about quantity and quality of dead wood on the ground in beech forests of Foreste Casentinesi, Monte Falterona and Campigna National Park. The presence of dead wood depends on several factors such as forest productivity, natural disturbances and human activities. Data from some mature managed beech stands have been collected and compared with those from unmanaged beech forest (Sasso Fratino full-protected Reserve). Results do not show significant differences between managed and unmanaged forests. The dead wood varies between 5 and 8 Mg ha⁻¹ (in terms of total dry weight) mostly composed by fine woody debris.

Keywords: Faggio, necromassa legnosa, gestione forestale, Parco Nazionale, Foreste Casentinesi

Received: Apr 07, 2008; Accepted: Oct 02, 2008

Citation: Salvadori G, Bianchi L, Calamini G, 2009. Interventi colturali e necromassa legnosa al suolo: il caso delle faggete Casentinesi. *Forest@* 6: 39-49 [online: 2009-01-29] URL: <http://www.sisef.it/forest@/>.

Introduzione

La necromassa legnosa in foresta, costituendo un *habitat* ideale per la vita di numerosi vertebrati ed invertebrati (Bernicchia 2003, Paolucci 2003, Pesarini 2003, Renvall 2003, Riva & Bonini 2003, Rukalsky & Faccoli 2003, Schlaghamersky 2003, Tedaldi 2003, Tellini Florenzano 2003, Kappes et al. 2006, Odor et al. 2006), e fungendo spesso da nicchia ideale per la germinazione di molte specie arboree (Waddel 2002, Motta et al. 2006), è considerata come componente fondamentale per il mantenimento e l'incremento della biodiversità (Harmon et al. 1986, Wolynski 2001, Gilg 2004, Mircu et al. 2006, Stevenson et al. 2006, Woodall & Nagel 2006, Liira et al. 2007, Ranius & Jonsson 2007). La quantità di legno morto in foresta è riconosciuta, in base al "criterio 4" del MCPFE (*Maintenance, Conservation and Appropriate Enhancement of Biological Diversity in Forest Ecosystems*, MCPFE 2003), come uno degli indicatori di gestione forestale sostenibile (La Fauci et al. 2006, Marchetti & Lombardi 2006).

La necromassa legnosa grossolana (*Coarse Woody Debris* - CWD, Peterken 1996, Stevens 1997, Idol et al.

2001) e la lettiera fogliare svolgono un'importante azione di accumulo e volano in relazione ai flussi energetici ed al ciclo dei nutrienti (Johnson & Van Hook 1989, Nocentini 2004, Palace et al. 2007), costituendo il più cospicuo serbatoio di carbonio per i processi di migrazione della sostanza organica nel suolo, anche se ad oggi sono ancora poco note le quantità massime "utili" a tale scopo (Guo & Gifford 2002, Davis et al. 2003, Bautista-Cruz & Del Castillo 2005, Alberti 2006). Inoltre il legno morto presente al suolo protegge il terreno dall'erosione limitando l'azione battente dell'acqua, trattiene l'umidità ed offre un'efficace protezione dal congelamento (Lousier & Parkinson 1979). La quantità di legno morto in bosco è considerata nel Protocollo di Kyoto come uno dei compartimenti per il calcolo del carbonio assorbito.

Relativamente ai rapporti tra quantità di necromassa e interventi colturali, numerosi autori (Green & Peterken 1997, Linder & Östlund 1998, Kirby et al. 1998, Fridman & Walheim 2000, Angers et al. 2005) evidenziano come questi ultimi possano incidere negativamente, e che di conseguenza in boschi poco disturbati sia più elevata la quantità di legno morto.

Nel presente lavoro si descrive, dal punto di vista quantitativo e qualitativo, la necromassa legnosa al suolo in aree campione situate in boschi di faggio di ambiente appenninico, cercando una relazione tra i quantitativi di legno morto e gli interventi selvicolturali pregressi. La ricerca è stata condotta nelle faggete del Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna (AR, FC, FI), dove sono stati confrontati soprassuoli avviati all'alto fusto e

ordinariamente gestiti con tagli intercalari, con altri sottoposti a regime di tutela integrale.

Materiali e metodi

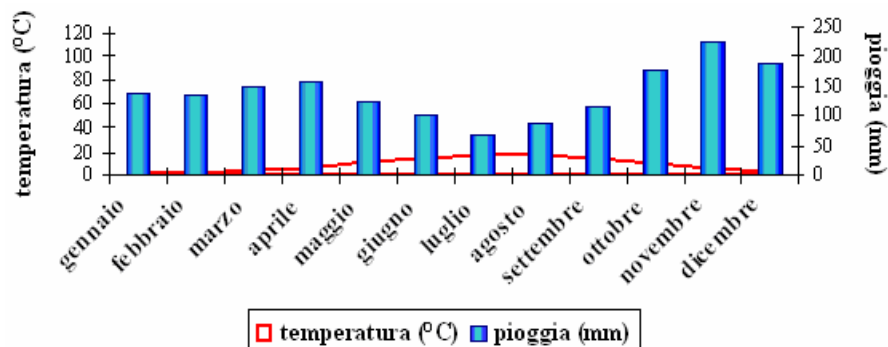
L'ambiente

L'area di studio comprende le faggete ubicate all'interno delle Riserve Naturali Biogenetiche del Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falte-

Fig. 1 - Le Riserve Naturali Biogenetiche del Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna (AR, FI, FC).



Fig. 2 - Diagramma umbro-termico relativo alla stazione di Camaldoli (AR - 1111 m s.l.m.).



rona e Campigna (Fig. 1) per una superficie complessiva di 668 ettari.

Il versante toscano del Parco è caratterizzato da un substrato pedogenetico prevalente di Arenaria Macigno dell'Oleocene da cui derivano suoli bruno-acidi, con *humus* di tipo Mull; nel versante romagnolo il substrato pedogenetico è Marnoso Arenaceo e i suoli sono in prevalenza bruno-marmorizzati, con *humus* di tipo Moder (Sanesi 1962). Il clima è tipicamente montano ad impronta mediterranea, caratterizzato da maggior piovosità in autunno e primavera, e dall'assenza di periodi di siccità estiva (Fig. 2).

La vegetazione è ascrivibile alle faggete eutrofiche a dentarie della classificazione di Bernetti & Mondino (1998).

Per quanto riguarda gli aspetti normativi relativi al legno morto è da ricordare che nel Piano del Parco (Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte

Falterona e Campigna 2002) è prevista la salvaguardia degli alberi morti in bosco, ed il rilascio di un adeguato quantitativo di necromassa in piedi o a terra (10 piante ad ettaro); nei confinanti territori toscani e romagnoli invece le leggi regionali prevedono l'asportazione dalle tagliate dei residui di lavorazione e l'allontanamento dei materiali di scarto in quanto facilmente infiammabili o di ostacolo per una corretta regimazione delle acque.

Aree di studio

Attraverso una ricerca d'archivio (Corpo Forestale dello Stato, Ufficio Territoriale per la Biodiversità, Pratovecchio - AR) e l'implementazione delle informazioni attraverso l'uso di GIS, sono state selezionate una serie di particelle (aree di indagine) ritenute rappresentative delle condizioni medie dei soprassuoli di altofusto di faggio situati all'interno del Par-

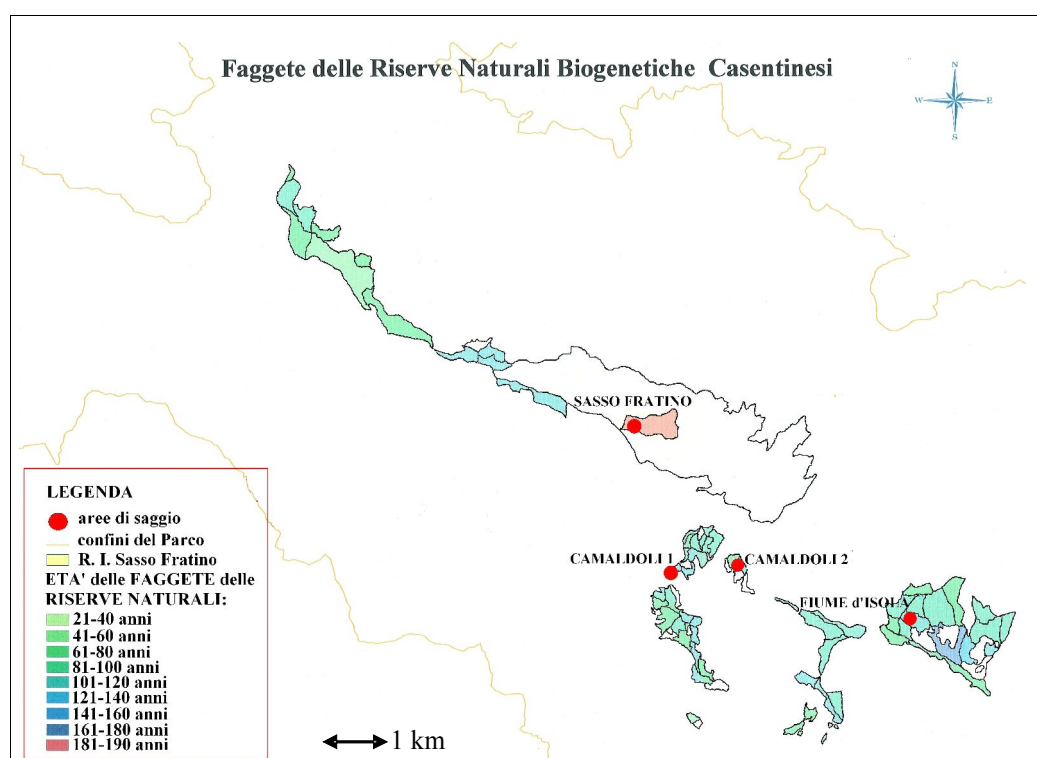
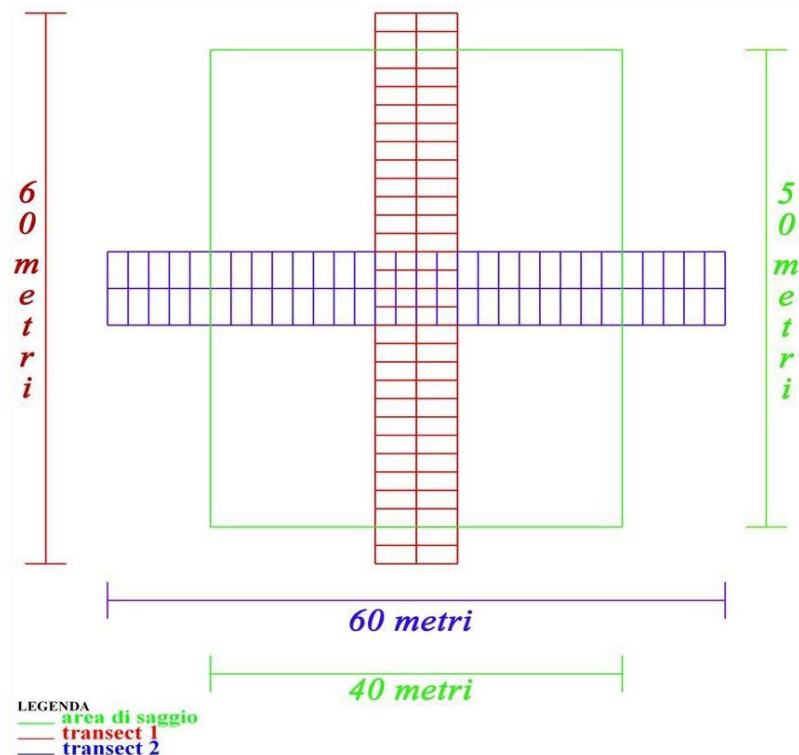


Fig. 3 - Localizzazione delle aree di saggio all'interno delle Riserve Naturali Biogenetiche.

Fig. 4 - Schema rappresentativo dei transetti realizzati in ogni AdS per l'esecuzione dei rilievi della necromassa al suolo.



co Nazionale; fra queste ne sono state individuate tre per le quali si è potuto disporre di una più lunga e dettagliata cronologia degli interventi culturali (denominate "Camaldoli 1", "Camaldoli 2", "Fiume d'Isola"). Una quarta particella è stata selezionata nella Riserva Naturale Integrale di Sasso Fratino (denominata "Sasso Fratino"), in un tratto fisionomicamente affine alle precedenti, considerata come area di confronto in quanto da lungo tempo non soggetta ad interventi culturali (Fig. 3).

Rilievi in campo e analisi di laboratorio

In fase di impostazione della ricerca, sono state considerate alcune tra le metodologie proposte per la determinazione del CWD e più in generale della necromassa in foresta (Gove et al. 1999, Corona 2000, Williams & Gove 2003, Woldendorp et al. 2004, Travaglini et al. 2007), metodologie nelle quali la precisione di stima è in parte legata alle caratteristiche (di forma, dimensione e stato di alterazione) del materiale da campionare.

Nel presente lavoro, avendo come obiettivo la valutazione di tutto il materiale legnoso morto presente al suolo (ramaglia fine compresa), e dovendo poi procedere alla comparazione tra quantità di necromassa con caratteristiche potenzialmente diverse, è parso opportuno utilizzare una metodologia che fornisca un dato quantitativo poco influenzato dal tipo di materiale da campionare.

Per tali motivi, data anche la difficoltà di misura della necromassa di piccole e medie dimensioni in termini di volume (Sandström et al. 2007) si è optato per la determinazione del peso secco del materiale legnoso.

In ciascuna area d'indagine è stata realizzata un'area di saggio (AdS) di 2000 m² (50x40 m), in cui sono stati eseguiti il cavallettamento totale e la stima dell'altezza su un terzo degli individui censiti. Per le analisi riguardanti la necromassa al suolo, in ciascuna AdS sono stati realizzati due transetti lineari (6x60 m) passanti per il centro dell'area, ortogonali tra loro (orientamento Est-Ovest e Nord-Sud) e suddivisi in 60 sezioni di 6 m² (3x2 m) (Fig. 4). Su un campione di 20 sezioni, estratte casualmente in ogni coppia di transetti, è stato determinato il peso fresco (Pf) della necromassa legnosa a terra con l'utilizzo di una stadera. Facendo riferimento alla letteratura inerente l'argomento (Stewart & Burrows 1994, Pyle & Brown 1999, Siitonen et al. 2000, Waddel 2002, Rubino & McCarthy 2003, Mircu et al. 2006, Vanderwel et al. 2006), il materiale pesato è stato suddiviso in funzione delle dimensioni (D) espresse dal diametro a metà lunghezza ($\varnothing_{1/2}$) e del grado di decomposizione (A, B, C) come riportato in Tab. 1. Per ogni categoria è stata prelevata e conservata in sacchetti di polietilene sigillati una serie di campioni provenienti dalle quattro AdS. Presso i laboratori del DISTAF dell'Università di Firenze ne è stato determinato il peso

Tab. 1 - Distinzione della necromassa in nove categorie tipologiche; con " $\varnothing_{1/2}$ " è indicato il diametro a metà lunghezza (* = Modificato, da Stewart & Burrows 1994, Pyle & Brown 1999, Siitonen et al. 2000, Waddel 2002, Rubino & McCarthy 2003, Mircu et al. 2006, Vanderwel et al. 2006).

Categorie *	
Grado di decomposizione	Classe dimensionale
A legno con corteccia e tessitura delle fibre compatta	D1 $\varnothing_{1/2} < 5$ cm
B legno senza corteccia e tessitura delle fibre compatta	D2 $5 \text{ cm} < \varnothing_{1/2} < 10$ cm
C legno senza corteccia, tessitura delle fibre molle o polverosa	D3 $\varnothing_{1/2} > 10$ cm

secco (Ps) ottenuto utilizzando una stufa ventilata (103 °C) in cui il materiale legnoso è rimasto fino al raggiungimento di un peso costante (Salvadori 2006).

Elaborazione dati

Per ogni area sono stati rilevati i principali parame-

tri dendrometrici ed è stata ricostruita la cronologia e l'entità degli interventi colturali.

La stima del Ps della necromassa rilevata da ciascuna sezione è stata ottenuta applicando il coefficiente medio Ps/Pf rilevato sul campione in laboratorio e distinto per aree d'indagine e per categoria; i valori ottenuti sono stati espressi in Mg/ha.

I confronti fra i quantitativi medi di necromassa sono stati eseguiti attraverso l'analisi della varianza ponendo come fonti di variazione le aree d'indagine; in caso di valori di F almeno significativi ($p < 0.05$), è stato eseguito il test di Duncan al fine di verificare eventuali gruppi omogenei.

Risultati

Le principali caratteristiche di ogni area sono riasunte in Tab. 2 ed in Tab. 3, sia per quanto riguarda i dati dendrometrici che quelli relativi alla storia delle utilizzazioni. Nelle AdS realizzate in soprassuoli ordinariamente gestiti, fustaie transitorie di faggio di circa cento anni di età, il numero medio di piante ad ettaro è 360 (Dev. St. 9), l'area basimetrica media della massa in piedi è $51 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (Dev. St. 3) e il volume è mediamente pari a $680 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Dev. St. 21). Complessivamente le utilizzazioni a cui sono stati assoggettati i soprassuoli variano da 71 a $88 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Nella

Tab. 2 - Dati dendrometrici relativi a ciascuna AdS; con "G" è indicata l'area basimetrica, con "V" il volume, con "dg" il diametro medio di area basimetrica, con " H_{dg} " l'altezza della pianta di diametro medio, con "Hd" l'altezza dominante. (*): è stata utilizzata la tavola di cubatura a doppia entrata di Bernetti (1977) per il faggio di Vallombrosa (FI).

AdS	Camaldoli 1	Camaldoli 2	Fiume d'Isola	Sasso Fratino
Quota (m s.l.m.)	1256	1306	1267	1394
Esposizione	S-SO	E	S-O	N-NE
Pendenza (gradi)	21	23	17	40
Età (anni)	100	100	100	> 100
G (m^2/ha)	51	54	48	60
V (m^3/ha) *	693	694	657	942
dg (cm)	43	36	41	55
H_{dg} (m)	23.1	22.3	26.2	29
Hd (m)	25	24.3	27.9	29.1

Tab. 3 - Dati relativi alle utilizzazioni eseguite nelle particelle in cui sono ubicate le AdS.

AdS	Periodo di utilizzazione	Massa asportata totale (m^3/ha)	Anno ultima utilizzazione	Entità ultima utilizzazione (m^3/ha)
Camaldoli 1	1961-1987	88.5	1987	16.8
Camaldoli 2	1951	85.5	1951	85.8
Fiume d'Isola	1979-1989	71.4	1989	27.6
Sasso Fratino	1936	33	1936	33

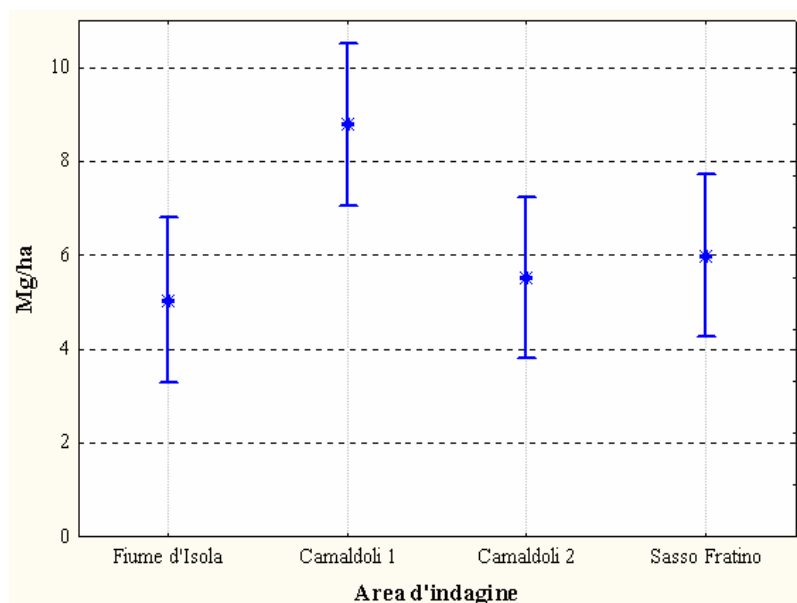


Fig. 5 - Valori medi (\pm errore standard) di peso secco della necromassa in ogni AdS (limiti fiduciarci $p < 0.001$).

AdS localizzata a Sasso Fratino il bosco è una fustaia di età superiore ai cento anni, con una massa in piedi di oltre $900 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ed area basimetrica di più di $60 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$; l'ultima utilizzazione censita è stata eseguita negli anni '30 ha asportato poco più di $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ di massa in piedi.

Dall'analisi della varianza emergono differenze molto significative fra le aree rispetto al quantitativo medio di necromassa presente al suolo ($F_{[3, 75]} = 3.74$; $p < 0.01$). Dal test di Duncan si osserva che il valore medio più basso (5.03 Mg ha^{-1}) si registra in "Fiume d'Isola", mentre quello più alto (8.78 Mg ha^{-1}) in "Camaldoli 1". I valori riguardanti l'area di "Sasso Fratino" e di "Camaldoli 2" si collocano in posizione intermedia (rispettivamente 5.98 Mg ha^{-1} e 5.51 Mg ha^{-1}), e non differiscono in modo significativo dai due precedenti (Fig. 5, Tab. 4).

Osservando la ripartizione del legno morto in classi dimensionali (Fig. 6) si nota che il materiale di dimensioni minori (D1) è presente in maggiori quantità in tutte le aree, al contrario quello di dimensioni maggiori (D3) è il meno rappresentato.

Tab. 4 - Dati di necromassa relativi ad ogni AdS; con il termine "CV" è indicato il coefficiente di variabilità; i gruppi omogenei fanno riferimento al test di Duncan.

AdS	Necromassa (Mg/ha)	CV	Gruppi omogenei
Fiume d'Isola	5035	52%	a
Camaldoli 2	5511	60%	ab
Sasso Fratino	5983	38%	ab
Camaldoli 1	8785	69%	b

Per quanto riguarda la suddivisione del materiale secondo lo stadio di degradazione (Fig. 7) è stato rilevato che in tutte le aree il legno col maggior grado di decomposizione ("C") è quello meno presente: in "Sasso Fratino" e "Camaldoli 2" lo stato di alterazione maggiormente presente è "A", mentre in "Camaldoli 1" è il "B" ed in "Fiume d'Isola" "A" e "B" hanno lo stesso valore.

Discussione

Le aree indagate risultano sostanzialmente omogenee per quanto riguarda il quantitativo di necromassa legnosa presente al suolo: nonostante sia stata osservata una discreta variabilità all'interno delle AdS, solo in "Camaldoli 1" la quantità rilevata è leggermente superiore. Questa differenza è probabilmente imputabile all'entità dell'ultima utilizzazione avvenuta nella particella nel 1987. Visto il modesto quantitativo di legname esboscato ($16.8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) è probabile che siano state lasciate in piedi piante che in seguito sono morte per la concorrenza o che buona parte del materiale utilizzato sia stato rilasciato sul posto influenzando i valori ad oggi rilevati.

Per quanto riguarda la distribuzione del legno morto in classi dimensionali è stato rilevato che in tutte le aree il materiale di piccole dimensioni è quello presente in maggiori quantità, probabilmente perché apportato al terreno con maggiore costanza, provenendo prevalentemente dalla rottura dei rami. Questo fenomeno è già stato segnalato da altri Autori (Harmon et al. 1986, Clark et al. 1998, Jonsson 2000) i quali hanno rilevato che in soprassuoli adulti (come quelli del presente lavoro) il maggior contributo all'accumulo di necromassa legnosa al suolo,

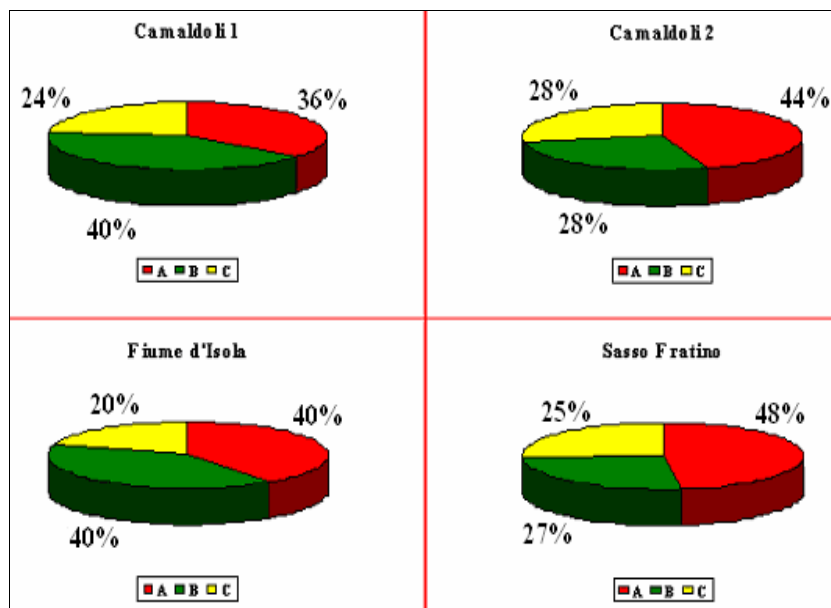


Fig. 6 - Ripartizione della necromassa secondo il grado di decomposizione; con "A" è indicato lo stadio meno decomposto, con "C" quello più alterato e con "B" lo stadio intermedio.

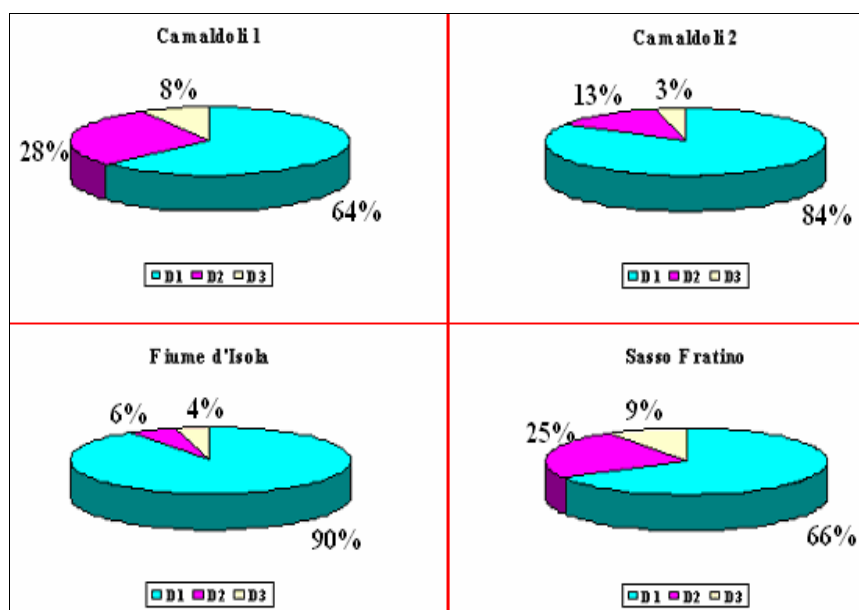
sotto forma di rami o di tronchi atterrati, avviene a seguito di eventi meteorici. Al contrario nei boschi giovani la concorrenza fra le piante è la causa più frequente di mortalità, e la necromassa presente in questi soprassuoli è costituita principalmente da alberi morti in piedi.

A proposito della ripartizione della necromassa secondo il grado di decomposizione si osserva che il legno maggiormente degradato ("C") è, in tutte le AdS, quello presente in minore quantità: infatti il materiale in avanzato stato di decomposizione è difficilmente distinguibile dal resto della sostanza organica al suolo a cui spesso è intimamente legato. Da studi condotti in faggete abetine della Polonia (Körpel 1995, Wolynski 2001) emerge che il legno morto a

contatto col terreno si decompone in tempi relativamente "veloci" (circa 15 anni per il faggio) rispetto a quello in piedi poichè gli organismi del suolo accelerano i processi di degradazione. Inoltre l'andamento climatico influisce fortemente su tali processi: in zone caldo-umide la velocità di decomposizione del materiale legnoso è maggiore rispetto a quanto avviene luoghi con clima secco e fresco (Wolynski 2001).

Secondo alcuni studi (Harmon et al. 1986, Angers et al. 2005) l'intervento dell'uomo induce cambiamenti sulle dinamiche di "produzione" di legno morto: da un *input* di necromassa relativamente continuo, tipico di condizioni naturali, ad un *input* periodico dovuto alla cadenza delle utilizzazioni. Su

Fig. 7 - Ripartizione della necromassa in classi dimensionali; con "D1" è indicato il materiale di minori dimensioni, con "D3" quello di maggiori dimensioni e con "D2" quello di dimensioni intermedie.



larga scala anche le variazioni di densità della popolazione umana ed il conseguente cambiamento dell'intensità dei tagli influenzano le dinamiche di accumulo di legno morto in bosco (Jonsson 2000). Inoltre, considerato che le caratteristiche del materiale legnoso al suolo sono condizionate dalle dinamiche che hanno portato alla morte della pianta o parte di essa (Gilg 2004, Christensen et al. 2005, Mircu et al. 2006) e che il quantitativo e la tipologia di CWD cambiano a seconda degli stadi successionali della foresta, è logico affermare che col crescere dell'età del bosco la quantità di legno aumenti così come anche le dimensioni medie del materiale accumulato (Harmon et al. 1986, Wolynski 2001). Diversi autori (Wolynski 2001, Christensen et al. 2005, Ekblom et al. 2006, Sandström et al. 2007) affermano che la quantità di CWD è minore in boschi sottoposti a tagli colturali rispetto a quella presente in soprassuoli lasciati alla naturale evoluzione. Di Filippo et al. (2004) sostengono che l'abbondanza di necromassa come conseguenza dell'assenza delle utilizzazioni forestali è uno degli elementi più rappresentativi della vetustà di una foresta.

Nell'ambito del nostro studio è stato invece rilevato che nell'area di Sasso Fratino, nonostante l'assenza dell'attività colturale per un periodo di tempo prolungato (oltre 70 anni), la quantità di legno morto al suolo è paragonabile a quella di soprassuoli soggetti ad ordinaria gestione: ciò è probabilmente da collegare sia alla lenta dinamica di accumulo della necromassa sia alla velocità dei processi di degradazione della stessa. Quanto osservato denota quindi che la fase evolutiva che sta attraversando Sasso Fratino è quella di una foresta matura non ancora in fase senescente: l'apporto di necromassa al terreno dovuto alla caduta di alberi è attualmente estremamente modesto in buona parte della Riserva e del tutto assente nelle AdS campionate. È tuttavia possibile che, in tempi più lunghi, qui si riscontreranno maggiori quantitativi di legno morto al suolo dovuti all'aumento della mortalità di alberi vecchi e di grandi dimensioni, fenomeno caratterizzante boschi nella fase di invecchiamento più marcata (*old-growth* - Harmon et al. 1986, Jonsson 2000, Siitonen et al. 2000, Wolynski 2001, Krankina et al. 2002, Di Filippo et al. 2004, Gilg 2004, Marchetti & Lombardi 2006, Motta et al. 2006, Liira et al. 2007).

Secondo quanto riferito da vari Autori (Holm & Jensen 1981, Cannell 1982, Ellemberg 1981, Nihlgård & Lindgren 1981), il quantitativo di sostanza secca del soprassuolo arboreo (radici comprese) rilevato in faggete nord europee (Danimarca, Germania e Sve-

zia) affini per età e stato colturale a quelle oggetto di studio oscilla tra i 300 ed i 200 Mg ha⁻¹. Calamini et al. (1983) e Gregori & Miclaus (1985) hanno rilevato per fustaie transitorie di faggio dell'Appennino pistoiense valori di sostanza secca della biomassa epigea di 319 Mg ha⁻¹. Gli stessi Autori rilevano una produzione media annua di lettiera di 2 Mg ha⁻¹ (l'85% della quale costituito da foglie). In rapporto a questi dati dunque, la necromassa da noi misurata risulterebbe essere circa il 2.5% della biomassa totale, più del doppio delle lettiera annualmente prodotta.

Conclusioni

L'analisi comparata dei dati ha evidenziato differenze statisticamente significative tra le aree indagate rispetto alla quantità di legno morto presente al suolo: i risultati ottenuti hanno tuttavia messo in luce una sostanziale omogeneità tra i valori riscontrati in soprassuoli soggetti ad ordinaria gestione e quelli della Riserva Integrale, fenomeno osservato anche nelle foreste di conifere svedesi da Siitonen et al. (2000).

Nonostante il campione fosse di non grandi dimensioni e limitato ad una sola specie, sembra lecito affermare, nell'ambito dei casi esaminati, l'assenza di relazione tra quantità di legno morto al suolo ed interventi di utilizzazione. Di conseguenza risulta evidente come, almeno nel "breve" periodo, le utilizzazioni forestali realizzate secondo i metodi tradizionali non abbiano inciso negativamente sul quantitativo di necromassa presente sul terreno.

Ringraziamenti

Si ringraziano per la preziosa collaborazione Alessandro Bottacci, Giovanni Quilghini ed Antonio Zoccola dell'UTB (CFS) di Pratovecchio (AR).

Bibliografia

- Alberti G (2006). Secondary successions on agricultural land: structure, dynamics and carbon stocks in a forest chronosequence. Tesi di dottorato, Facoltà di Agraria, Università di Udine.
- Angers VA, Messier C, Beaudet M, Leduc A (2005). Comparing composition and structure in old-growth and harvested (selection and diameter-limit cuts) northern hardwood stands in Quebec. *Forest Ecology and Management* 217: 275-293. - doi: 10.1016/j.foreco.2005.06.008
- Bautista-Cruz A, Del Castillo RF (2005). Soil changes during secondary succession in a tropical Mountain Cloud forest area. *Soil Science Society of America Journal* 69 (3): 906-914. - doi: 10.2136/sssaj2004.0130
- Bernetti G, Mondino GP (1998). I tipi forestali - Boschi e

- macchie di Toscana. Edizioni Regione Toscana, pp. 315-325.
- Bernicchia A (2003). Importanza del legname a terra per la biodiversità micologica. Atti della giornata di studio "Dagli alberi morti...la vita nella foresta. Conservazione della biodiversità forestale legata al legno morto", Corniolo (FC), 10 maggio 2002. Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna (2003), pp. 26-29.
- Calamini G, Gregori E, Hermanin L, Lopresti R, Manolacu M (1983). Studio di una faggeta dell'Appennino Pistoiese: biomassa e produzione primaria netta. *Annali dell'Istituto Sperimentale Studio e Difesa Suolo di Firenze XIV*: 193-214.
- Cannell MGR (1982). Wood forest biomass and primary production data. Academic Press, New York, USA.
- Christensen M, Hahn K, Mountford EP, Ódor P, Standovář T, Rozenbergar D, Diaci J, Wijdeven S, Meyer P, Winter S, Vrska T (2005). Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *Forest Ecology and Management* 210: 267-282. - doi: 10.1016/j.foreco.2005.02.032
- Clark DF, Kneeshaw DD, Burton PJ, Antos JA (1998). Coarse woody debris in sub-boreal spruce forests of west-central British Columbia. *Canadian Journal Forest Research* 28: 284-290. - doi: 10.1139/cjfr-28-2-284
- Corona P (2000). Introduzione al rilevamento campionario delle risorse forestali. Edizioni CUSL, Firenze.
- Davis MR, Allen RB, Clinton PW (2003). Carbon storage along a stand development sequence in a New Zealand *Nothofagus* forest. *Forest Ecology and Management* 177: 313-321. - doi: 10.1016/S0378-1127(02)00333-X
- Di Filippo A, Piovesan G, Schirone B (2004). Le faggete vetuste: criteri per l'identificazione e la gestione. In: *Ecologia*. Atti del XIV Congresso Nazionale della Società Italiana di Ecologia (Gaggi C, Nicolardi V, Santoni S eds), Siena, 4-6 ottobre 2004. Aracne Editrice, Roma, pp. 1-7.
- Ekbom B, Schroeder LM, Larsson S (2006). Stand specific occurrence of coarse woody debris in a managed boreal forest landscape in central Sweden. *Forest Ecology and Management* 221: 2-12. - doi: 10.1016/j.foreco.2005.10.038
- Elleberg H (1981). Dynamic properties of forest ecosystem (Reichle DE ed). Cambridge University, London, UK.
- Fridman J, Walheim M (2000). Amount, structure and dynamics of dead wood on managed forestland in Sweden. *Forest Ecology and Management* 131: 23-26. - doi: 10.1016/S0378-1127(99)00208-X
- Gilg O (2004). Forêts à caractère naturel: caractéristiques, conservation, et suivi. *Cahiers Techniques de l'ATEN*: 74. ATEN, Montpellier, France.
- Gove JH, Ringvall A, Ståhl G, Ducey MJ (1999). Point relascope sampling of downed coarse woody debris. *Canadian Journal of Forest Research* 29: 1718-1726. - doi: 10.1139/cjfr-29-11-1718
- Green P, Peterken GF (1997). Variation in the amount of dead wood in the woodlands of the Lower Wye Valley, UK in relation to the intensity of management. *Forest Ecology and Management* 98: 229-238 - doi: 10.1016/S0378-1127(97)00106-0
- Gregori E, Miclaus N (1985). Studio di una faggeta dell'Appennino pistoiese: sostanza organica al suolo e produzione di lettiera. *Annali dell'Istituto Sperimentale di Studio e Difesa del Suolo XVI*: 105-118.
- Guo LB, Gifford RM (2002). Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology* 8 (4): 345-360. - doi: 10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x
- Harmon ME, Franklin JF, Swanson FJ, Sollins P, Gregory SV, Lattin JD, Anderson NH, Cline SP, Aumen NG, Sedell JR, Lienkaemper GW, Cromack K, Cummins KW (1986). Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in ecological research - vol. 34*. Elsevier Academic Press, pp. 60-234.
- Holm E, Jensen V (1981). Dynamic properties of forest ecosystem (Reichle DE ed). Cambridge University, London, UK.
- Idol TW, Figler RA, Popea PE, Ponder FJ (2001). Characterization of coarse woody debris across a 100 year chronosequence of upland oak-hickory forests. *Forest Ecology and Management* 149: 153-161. - doi: 10.1016/S0378-1127(00)00536-3
- Johnson DW, Van Hook RI (1989). Analysis of biogeochemical cycling processes in Walker Branch watershed. Springer-Verlag, New York, USA.
- Jonsson BG (2000). Availability of coarse woody debris in a boreal old-growth *Picea abies* forest. *Journal of Vegetation Science* 11 (1): 51-56. - doi: 10.2307/3236775
- Körpel (1995). *Die Urwälder der Westkarpaten*. Gustav Fischer Verlag.
- Kappes H, Topp W, Zach P, Kulfan J (2006). Coarse woody debris, soil properties and snails (*Mollusca: Gastropoda*) in European primeval forests of different environmental conditions. *European Journal of Soil Biology* 42: 139-146. - doi: 10.1016/j.ejsobi.2005.12.003
- Kirby KJ, Reid CM, Thomas RC, Goldsmith FB (1998). Preliminary estimates of fallen dead wood and standing dead trees in managed and unmanaged forests in Britain. *Journal of Applied Ecology* 35 (1): 148-155. - doi: 10.1046/j.1365-2664.1998.00276.x
- Krankina ON, Harmon ME, Kukuev YA, Treyfeld RF, Kashpor NN, Kresnov VG, Skudin VM, Protasov NA, Yatskov M, Spycher G, Poparov ED (2002). Coarse woody debris in forest region of Russia. *Canadian Journal of Forest Research* 32: 768-778. - doi: 10.1139/x01-110
- La Fauci A, Bagnato S, Gogliotta O, Mercurio R (2006). Osservazioni preliminari sulla necromassa in popolamenti

- di pino laricio nel Parco Nazionale dell'Aspromonte. Forest@ 3 (1): 54-62. - doi: 10.3832/efor0344-0030054
- Liira J, Sepp T, Parrest O (2007). The forest structure and ecosystem quality in condition of anthropogenic disturbance along productivity gradient. Forest Ecology and Management 250: 34-46. - doi: 10.1016/j.foreco.2007.03.007
- Linder P, Östlund L (1998). Structural changes in three midboreal Swedish forest landscapes, 1885-1996. Biological Conservation 85: 9-19. - doi: 10.1016/S0006-3207(97)00168-7
- Lousier JD, Parkinson D (1979). Organic matter and chemical element dynamics in an aspen woodland soil. Canadian Journal of Forest Research 9: 449-463.
- 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 LXI (4): 275-302.
- MCPFE (2003). Improved pan-european indicators for sustainable forest management as adopted by the MCPFE. Expert Level Meeting 7-8 October 2002, Vienna, Austria.
- Mircu A, Turcu D, Brad R, Cadar N, Merce O (2006). A study concerning the dead wood in "Runcu-Grosi" natural reserve (western Romania). Scientific conference: "Management of forest ecosystem in national parks and other protected areas", Jahorina-Tjentite (Bosnia-Erzegovina), July 05-08 2006, pp. 569-577.
- Motta R, Berretti R, Lingua E, Piussi P (2006). Coarse woody debris, forest structure and regeneration in Valbona Forest Reserve, Paneveggio, Italian Alps. Forest Ecology and Management 235: 155-163. - doi: 10.1016/j.foreco.2006.08.007
- Nihlgård B, Lindgren L (1981). Dynamic properties of forest ecosystem (Reichle DE ed). Cambridge University, London, UK.
- Nocentini S (2004). Alberi morti e selvicoltura: antitesi o armonia? SISEF Atti 4: 95-99.
- Ódor P, Heilmann-Clausen J, Christensen M, Aude E, van Dort KW, Piltaver A, Siller I, Veerkamp MT, Walley N, Standovár T, van Hees AFM, Kosec J, Matočec N, Kraigher H, Grebenc T (2006). Diversity of dead wood inhabiting fungi and bryophytes in semi-natural beech forests in Europe. Biological Conservation 131: 58-71. - doi: 10.1016/j.biocon.2006.02.004
- Palace M, Keller M, Asner GP, Silva JN, Passos C (2007). Necromass in undisturbed and logged forests in the Brazilian Amazon. Forest Ecology and Management 238: 309-318. - doi: 10.1016/j.foreco.2006.10.026
- Paolucci P (2003). Mammiferi e uccelli in un habitat forestale della Pianura Padana: il Bosco della Fontana. In: Proceedings of the International Symposium "Dead wood: a key to biodiversity" (Mason F, Nardi G & Tisato M eds.), Mantova, May 29-31 2003. Sherwood 95 (2): 11-14.
- Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna (2002). Piano del Parco. Relazione Generale. [online] URL: <http://www.parks.it/parco.nazionale.for.casentinesi>
- Pesarini F (2003). Gli insetti come "massa critica" della biodiversità: l'esempio degli alberi morti e deperienti. Atti della giornata di studio "Dagli alberi morti...la vita nella foresta. Conservazione della biodiversità forestale legata al legno morto", Corniolo (FC), 10 maggio 2002. Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna (2003), pp. 21-25.
- Peterken GF (1996). Natural woodland. Ecology and conservation in northern temperate regions. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 522.
- Pyle C, Brown M (1999). Heterogeneity of wood decay classes within hardwood logs. Forest Ecology and Management 114: 253-259. - doi: 10.1016/S0378-1127(98)00356-9
- Ranius T, Jonsson M (2007). Theoretical expectations for thresholds in the relationship between number of wood-living species and amount of coarse woody debris: a study case in spruce forests. Journal for Nature Conservation 15: 120-130. - doi: 10.1016/j.jnc.2007.02.001
- Renvall P (2003). Community dynamics and conservation of boreal wood-decaying fungi. In: Proceedings of the International Symposium "Dead wood: a key to biodiversity" (Mason F, Nardi G, Tisato M eds.), Mantova, 29-31 May 2003. Sherwood 95 (2): 87-89.
- Riva A, Bonini I (2003). Contributo alla conoscenza delle Briofite nelle Foreste Demaniali Casentinesi (Toscana). In: Atti della giornata di studio "Dagli alberi morti...la vita nella foresta. Conservazione della biodiversità forestale legata al legno morto", Corniolo (FC), 10 maggio 2002. Atti del Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna (2003), pp. 76-80.
- Rubino D, McCarthy B (2003). Evaluation of coarse woody debris and forest vegetation across topographic gradients in a southern Ohio forest. Forest Ecology and Management 183: 221-238.
- Rukalsky JP, Faccoli M (2003). Coleotteri scolitidi in querce del Bosco della Fontana. In: Mason F, Nardi G & Tisato M (eds.). Proceedings of the International Symposium "Dead wood: a key to biodiversity", Mantova, 29-31 May 2003. Sherwood 95 (2): 51-53.
- Salvadori G (2006). La necromassa legnosa in foresta: il caso delle faggete casentinesi. Tesi di laurea. Università degli Studi di Firenze, Facoltà di Agraria, Corso di Laurea di Scienze Forestali e Ambientali.
- Sandström F, Petersson H, Kruys N, Ståhl G (2007). Biomass conversion factors (density and carbon concentration) by decay classes for dead wood of *Pinus sylvestris*,

- Picea abies* and *Betula* spp. in boreal forests of Sweden. *Forest Ecology and Management* 243: 19-27.
- Sanesi G (1962). Osservazioni sulle caratteristiche e l'evoluzione dei suoli della Foresta di Campigna (Forlì). Relazioni con la vegetazione forestale. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Tipografia Coppini Firenze.
- Schlaghamersky J (2003). Saprophytic invertebrates of floodplains, a particularly endangered component of biodiversity. In: Proceedings of the International Symposium "Dead wood: a key to biodiversity" (Mason F, Nardi G & Tisato M eds.), Mantova, 29-31 May 2003. *Sherwood* 95 (2): 15-17.
- Siitonen J, Martikainen P, Punttila P, Rauh J (2000). Coarse woody debris and stand characteristics in mature managed and old-growth boreal mesic forests in southern Finland. *Forest Ecology and Management* 128: 211-225.
- Stevens V (1997). The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in B.C. forests. Res. Br., B.C. Min. For., Victoria, B.C. Work.
- Stevenson SK, Jull MJ, Rogers BJ (2006). Abundance and attributes of wildlife trees and coarse woody debris at three silvicultural systems study areas in the Interior Cedar-Hemlock Zone, British Columbia. *Forest Ecology and Management* 233: 176-191.
- Stewart G, Burrows L (1994). Coarse woody debris in old-growth temperate beech (*Nothofagus*) forests of New Zealand. *Canadian Journal Forest Resource* 24: 1989-1996.
- Tedaldi G (2003). La necromassa vegetale e la salvaguardia degli anfibi "forestali". Atti della giornata di studio "Dagli alberi morti...la vita nella foresta. Conservazione della biodiversità forestale legata al legno morto", Corniolo (FC), 10 maggio 2002. Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna (2003), pp. 31-33.
- Tellini Florenzano G (2003). Gli alberi morti e deperienti per gli uccelli: note generali e spunti per le Foreste Casentinesi. Atti della giornata di studio "Dagli alberi morti...la vita nella foresta. Conservazione della biodiversità forestale legata al legno morto", Corniolo (FC), 10 maggio 2002. Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna (2003), pp. 34-37.
- Travaglini D, Bottalico F, Brundu P, Chirici G, Minari E (2007). Sampling deadwood within Bosco della Fontana. In "Canopy Analysis and Dynamics of a Floodplain Forest". *Rapporti Scientifici 3-2007*. MiPAAF - Corpo Forestale dello Stato. Centro Nazionale per lo Studio e la conservazione della Biodiversità Forestale "Bosco della Fontana" di Verona. Cierre edizioni
- Vanderwel M, Malcolm J, Smith S (2006). An integrated model for snag and downed woody debris decay class transition. *Forest Ecology and Management* 234: 48-59.
- Waddel K (2002). Sampling coarse woody debris for multiple attributes in extensive resource inventories. *Ecological Indicators* 1: 139-153.
- Williams MS, Gove JH (2003). Perpendicular distance sampling: an alternative method for sampling downed coarse woody debris. *Canadian Journal of Forest Research* 33: 1564-1579
- Woldendorp G, Keenan RJ, Barry S, Spencer RD (2004). Analysis of sampling methods for coarse woody debris. *Forest Ecology and Management* 198: 133-148. - doi: 10.1016/j.foreco.2004.03.042
- Wolynski A (2001). Significato della necromassa legnosa in foresta in un'ottica di gestione forestale sostenibile. *Sherwood* 67: 5-12.
- Woodall CW, Nagel LM (2006). Coarse woody type: a new method for analyzing coarse woody debris and forest change. *Forest Ecology and Management* 227: 115-121. - doi: 10.1016/j.foreco.2006.02.032