

FILIPPO GIUNTINI, ISABELLA DE MEO, ANNA GRAZIANI, PAOLO CANTIANI,  
ALESSANDRO PALETTO

# *Stima del volume di legno morto in rimboschimenti di pino nero (Pinus nigra J.F.Arnold) in Toscana: confronto tra casi studio*

## *Introduzione*

Secondo il *Global Forest Resources Assessment* (FRA2005) con il termine legno morto (o necromassa) si intende tutta la biomassa legnosa non vivente presente nell'ecosistema forestale, vale a dire gli alberi morti in piedi, i frammenti di legno a terra, le radici degli alberi morti e le ceppaie (FAO, 2004). Questa definizione mette l'accento sulle tre principali componenti del legno morto (DUVALL, GRIGAL, 1999; DI COSMO *et al.*, 2013): gli alberi morti in piedi (*standing dead tree*) stroncati o sradicati che non abbiano ancora completamente toccato terra, il legno morto a terra (*lying deadwood*) e le ceppaie (*stump*), queste ultime considerate tali fino ad un'altezza massima di 1,3 m da suolo.

In termini di soglia dimensionale (diametro) il legno morto in foresta viene generalmente classificato in legno morto di grosse dimensioni (*coarse woody debris*) e legno morto di piccole dimensioni (*fine woody debris*) (HARMON, SEXTON, 1996; LIGOT *et al.*, 2012; WEGGLER *et al.*, 2012). Nel caso del *coarse woody debris* si tratta di necromassa con soglia diametrica superiore a 10 cm, mentre il *fine woody debris* comprende legno morto con diametri compresi tra i 5 cm (o 2,5 cm) e i 10 cm; mentre sotto la soglia dei 2,5 cm la necromassa viene considerata parte integrante della lettiera.

Nel corso degli ultimi decenni, la comunità scientifica internazionale ha messo in evidenza come il legno morto sia una componente fondamentale, sia dal punto di vista

strutturale che dal punto di vista funzionale, per l'ecosistema forestale (HARMON *et al.*, 1986; HAGEMANN *et al.*, 2009). Questo ruolo attribuito al legno morto si discosta molto dall'idea tradizionale di gestione forestale per la quale il legno morto era considerato dai tecnici forestali un indicatore di "cattiva gestione" di un popolamento forestale e un ostacolo alle normali attività selvicolturali (MERGANIČOVÁ, MERGANIČ, 2010). Inoltre, la presenza di legno morto in foresta era percepita negativamente dal punto di vista estetico-paesaggistico dai turisti e dagli escursionisti (PASTORELLA *et al.*, 2016) e considerata una potenziale causa di diffusione di incendi e attacchi di natura biotica (LA FAUCI *et al.*, 2006; MORELLI *et al.*, 2007).

Negli ultimi decenni, con l'affermazione del concetto di Gestione Forestale Sostenibile (GFS) (NOCENTINI, 2002), è stato evidenziato come la componente morta in foresta – sia essa a terra o in piedi – abbia un'influenza positiva: sulla produttività, attraverso l'apporto di materia organica al suolo (THOMAS, 2002); sulla conservazione delle biodiversità, fornendo nutrimento e riparo a molte specie vegetali e animali, con particolare riferimento agli organismi saproxilici la cui presenza rappresenta circa il 30% della biodiversità forestale (SPEIGHT, 1989; PETERKEN, 1996; STEVENS, 1997); sulla rinnovazione naturale delle cenosi forestali, fornendo un substrato idoneo alla rinnovazione (VALLAURI *et al.*, 2005); sul miglioramento della stabilità dei versanti, attraverso la regimazione del deflusso idrico e la conservazione del suolo (ROUVINEN *et al.*, 2002);

e sullo stoccaggio temporaneo del carbonio (LAIHO, PRESCOTT, 1999).

La quantità di legno morto (volume) presente in foresta rappresenta un indicatore di GFS, così come indicato nel corso della seconda Conferenza Ministeriale per la Protezione delle Foreste in Europa (MCPFE) tenutasi a Lisbona nel 1998 (Indicatore 4.5: volume degli alberi morti in piedi e del legno morto a terra nelle foreste e nelle altre terre boscate classificato per tipo forestale). Inoltre il legno morto è uno dei cinque pool di carbonio da contabilizzare nel bilancio tra carbonio immesso in atmosfera e carbonio assorbito dagli ecosistemi terrestri nell'ambito degli accordi internazionali sul clima (PIGNATTI *et al.*, 2009). In particolare, le variazioni negli *stock* di carbonio relativi alla biomassa epigea, biomassa ipogea, suolo, lettiera e necromassa sono richiesti in fase di reporting del Protocollo di Kyoto (1997), dagli Accordi di Marrakech relativi alla settimana Conferenza delle Parti (2001), così come dall'*United Nations Framework Convention on Climate Change* (1992) (TOBIN *et al.*, 2007).

Al fine di rispondere alle richieste internazionali concernenti la quantificazione delle variazioni negli *stock* di carbonio, gli inventari forestali nazionali della maggior parte dei paesi dell'Unione Europea hanno incluso questa componente nei loro protocolli di rilievo (TOMPO *et al.*, 2010). Nonostante una diffusa inventariazione del legno morto presente negli ecosistemi forestali, tra i singoli paesi si riscontrano alcune differenze nella scelta della soglia dimensionale (tra lettiera e legno morto, e tra *coarse wood debris* e *fine woody debris*), del sistema di classificazione delle classi di decomposizione (sistema a 3, a 5 o a 7 classi di decomposizione), e nelle procedure adottate per i rilievi in campo. In particolare, per quanto concerne i metodi più diffusi per la stima dei volumi di legno morto a terra si segnalano il *Fixed Area Sampling* (FAS), dove tutti i frammenti di legno morto giacenti al suolo sono misurati all'interno di aree di saggio di dimensione fissa, e il *Line Intersect Sampling* (LIS) dove si procede con la sola misura del diametro dei frammenti intercettati

da uno o più *transect* disposti casualmente o in modo sistematico (WARREN, OLSEN, 1964; VAN WAGNER, 1968). Altri metodi, quali il *Perpendicular Distance Sampling*, il *Point Relascope Sampling*, il *Transect Relascope Sampling*, e il *Diameter Relascope Sampling*, sono invece impiegati quasi esclusivamente in indagini scientifiche di piccola scala o negli inventari forestali locali (LIGOT *et al.*, 2012). La raccolta di informazioni quantitative (volumi) e qualitative (classe di decomposizione) relative al legno morto permette di analizzare in dettaglio il rapporto tra questa componente dell'ecosistema forestale e due importanti servizi ecosistemici: la biodiversità specifica e lo stoccaggio temporaneo di carbonio.

A partire dalle suddette considerazioni, nell'ambito delle attività condotte in Toscana in pinete di pino nero (*Pinus nigra* J.F. Arnold) nel corso di due progetti LIFE – SelPiBio (LIFE13 BIO/IT/000282 “*Innovative silvicultural treatments to enhance soil Biodiversity in artificial black Pine stands*”) e FoResMit (LIFE14 CCM/IT/000905 “*Recovery of degraded coniferous Forests for environmental sustainability Restoration and climate change Mitigation*”) – si sono confrontati gli effetti di due differenti tipi di diradamento (tradizionale e selettivo) sulla biodiversità delle varie componenti del suolo e soprassuolo. Per quanto concerne il legno morto, i suddetti progetti si sono focalizzati sull'analisi del ruolo di questa componente forestale in termini di conservazione della biodiversità (e.g., alberi habitat, comunità fungine e microbiche) e stoccaggio temporaneo del carbonio. L'obiettivo del presente lavoro è stato quello di analizzare, dal punto di vista quantitativo e qualitativo, il legno morto a terra presente in tre pinete di pino nero della Toscana (Pratomagno (AR), Monte Amiata (SI) e Monte Morello (FI)) al fine di capire la relazione di questa componente forestale con la gestione selvicolturale passata. Nello specifico sono state impiegate due principali variabili esplicative: le differenze nei volumi di legno morto a terra e nella distribuzione del legno morto in classi di decomposizione.

## **Materiali e metodi**

### *Le aree di studio*

#### **Area di studio Pratomagno**

Il comprensorio montuoso del Pratomagno si estende per circa 30 km a ridosso degli Appennini, nella parte orientale della Toscana. L'area di studio ricade nel comune di Loro Ciuffenna (AR), nella Foresta Pratomagno-Valdarno che interessa una superficie catastale di 3.300,14 ha in gestione dell'Unione dei Comuni del Pratomagno (UCP).

L'area è situata ad una quota di circa 1.100 m s.l.m. con regime pluviometrico di tipo submontano appenninico e temperatura media annua di 10,5 °C.

L'area storicamente era destinata a scopi agricoli e successivamente abbandonata nel corso della guerra è andata incontro ad un processo di abbandono. Nel ventennio successivo alla guerra, oltre alle opere di rimboschimento continuate fino agli anni '80 del secolo scorso, iniziarono anche azioni per migliorare la viabilità e l'assetto idrogeologico della zona. La contemporanea espansione naturale del bosco, soprattutto con formazioni miste di querce e di castagno, giustifica l'attuale copertura boscata del 95%. Le opere di rimboschimento sono state realizzate con pino laricio (80%) e pino nero austriaco nelle zone a scarsa fertilità (soprattutto praterie di crinale).

Il popolamento oggetto della ricerca è un soprassuolo di pino laricio (anno di impianto 1955-1957) consociato localmente a gruppi di abete bianco, realizzato con densità iniziale di circa 2500 piante ad ettaro e sottoposte a ripuliture dopo dieci anni dall'impianto. Il diradamento è stato realizzato nel 2015 con lo scopo principale di accelerare l'evoluzione dei soprassuoli verso lo stadio adulto e creare condizioni ecologiche più favorevoli all'ingresso della rinnovazione naturale (CANTIANI *et al.*, 2017).

#### *Area di studio Monte Amiata*

Il monte Amiata è un massiccio montuoso dell'Antiappennino toscano compreso tra le provincie di Grosseto e di Siena. L'area di studio è posizionata nel Complesso Forestale Madonna delle Querce nel comune

di Castiglione d'Orcia (SI), ed interessa una superficie catastale di 2168,60 ha. Il complesso è in gestione all'Unione dei Comuni Amiata Val d'Orcia (UCAVO).

L'area è collocata ad una quota media di 780 m s.l.m., con esposizione nord est e pendenza variabile da debole a forte, e scarsa presenza di fenomeni erosivi. Il clima è caldo e temperato, caratterizzato da estati fresche e relativamente piovose. La temperatura media annua è di 12,5 °C.

L'area del Monte Amiata nei primi decenni del secolo scorso era caratterizzata da pascoli, seminativi e formazioni di quercia governate a ceduo. La superficie boscata è aumentata fino a metà degli anni '50, anche in ragione del progressivo abbandono delle attività agricole. La crisi dell'attività mineraria e la necessità di dare una soluzione alla disoccupazione latente verso attività socialmente utili è stata la principale causa dell'attività di rimboschimento realizzata su circa 3700 ha con conifere dall'inizio degli anni '50 alla metà degli anni '90.

Il popolamento oggetto della ricerca è stato impiantato nel 1970 ed è costituito prevalentemente da pino laricio e per il 3% da specie sporadiche derivanti da lembi residuali dei precedenti cedui e pascoli. Alcuni tratti di pineta sono stati sottoposti nel passato ad un leggero diradamento e la densità attuale è inferiore a quella dell'Area Pratomagno (circa 950 piante ad ettaro rispetto a 1,100). Anche nell'area del Monte Amiata il diradamento è stato realizzato nel 2015 con lo scopo di aiutare il processo di rinnovazione naturale e accelerare l'evoluzione verso lo stadio adulto (CANTIANI, 2016).

#### *Area di studio Monte Morello*

Il complesso montuoso di Monte Morello domina la pianura occidentale di Firenze, con la maggior parte dei rilievi localizzati intorno ai 700 m s.l.m. Data la vicinanza con la città e l'uso per lo più turistico-ricreativo la foresta di Monte Morello è considerata un bosco peri-urbano. L'area oggetto di studio si trova nelle immediate vicinanze della località "Fonte dei Seppi" ed ha un'estensione complessiva di circa 20 ha. Dal punto di vista litologico i suoli sono caratterizzati da

una notevole superficialità causata da secoli di erosione diffusa e dalla continua evoluzione del suolo, che varia in spessore di metro in metro, condizionando fortemente il comportamento delle specie introdotte. Il clima è tipicamente mediterraneo con precipitazioni concentrate in autunno e all'inizio della primavera. Le estati sono generalmente secche ed i periodi siccitosi estivi si ripercuotono duramente sui complessi boscati determinando episodi di mortalità diffusa. Monte Morello è stato oggetto di una massiccia azione di rimboschimento su circa 1,035 ha cominciata all'inizio del secolo scorso e proseguita fino ai primi anni '80, finalizzata a limitare i ripetuti e incombenti fenomeni di dissesto idrogeologico. I rimboschimenti furono realizzati con densità iniziale di circa 2700 piante ad ettaro impiegando principalmente pino nero e in percentuali minori cipresso, pino laricio, cerro e roverella.

La pineta di pino nero dovrebbe rappresentare la tappa iniziale di un percorso successionale mirato all'affermazione graduale di latifoglie autoctone ma l'assenza di cure colturali (in primo luogo diradamenti) e l'alta densità delle pinete ha spesso impedito l'ingresso di altre specie. Inoltre si è generata una situazione di degrado della foresta con accentuata sensibilità verso eventi traumatici quali il crollo di molte piante in seguito a forte vento, gelate, nevicate, incendi o epidemie di insetti e funghi (CENNI *et al.*, 1998; NOCENTINI, 1995).

Nel 2016 è stato realizzato un diradamento anche in questo caso con lo scopo principale di creare condizioni ecologiche più favorevoli all'ingresso della rinnovazione naturale oltre a fornire stabilità al soprassuolo e diminuire le ingenti quantità di necromassa presenti sul terreno. Il materiale asportato col diradamento è stato venduto per la produzione di cippato conferito al vicino impianto a biomasse di Calenzano.

#### *Metodologia di indagine*

Lo studio è stato condotto identificando per ciascuna delle tre aree di studio – Pratoma-gno, Monte Amiata e Monte Morello – una superficie di monitoraggio di circa 9 ha ri-

partiti in 9 settori di un ettaro ciascuno (3 ha diradati razionalmente, 3 ha diradati con metodo innovativo e 3 ha non sottoposti a diradamento). All'interno di ciascun settore sono state localizzate casualmente delle aree di saggio circolari di 13 m di raggio (due per settore nell'ambito del progetto FoRe-sMit e tre nel caso del progetto SelPiBio) nelle quali sono stati eseguiti i principali rilievi dendrometrici (specie, diametro a petto d'uomo, altezza dendrometrica dei soggetti vivi e morti, grado di copertura delle chiome arboree e arbustive).

In riferimento al legno morto a terra il rilievo è stato eseguito attraverso l'impiego di due *transect*, tra loro perpendicolari, localizzati sistematicamente all'interno dell'area di saggio circolare. Questo metodo di campiomano, denominato anche campionamento per rette di incontro (FATTORINI, PISANI, 1999), si rifà alla teoria del campionamento per intersezione lineare o campionamento (ad aghi) di Buffon (1777) che, in una delle sue versioni iniziali, prevedeva la disposizione sistematica sul terreno di segmenti (*transect*) tra loro paralleli secondo una direzione casuale. Di ciascun elemento intersecato dal *transect* viene misurata una grandezza (diametro) nel punto d'intersezione e successivamente si procede alla stima del totale delle caratteristiche (volume) osservate per unità d'area e della rispettiva varianza (HERNÁNDEZ DE LA CRUZ, 2001). L'assunzione di base di questo metodo è che la sezione diametrica dei frammenti di legno morto incontrati dal *transect* sia circolare, pertanto più il diametro è ellittico, come nei frammenti di legno morto in avanzato stato di decomposizione, più il rischio di commettere un errore nella stima dei volumi aumenta (LARJAVAARA, MULLER-LANDAU, 2011).

A livello di configurazione dei *transect*, nella letteratura internazionale si riscontrano quattro principali situazioni (PICKFORD, HAZARD, 1978; BELL *et al.*, 1996): *transect* formato da un unico segmento lineare; *transect* formato da due segmenti disposti in modo da formare una L, una Y oppure una croce; *transect* formato da tre segmenti disposti a triangolo equilatero; *transect* formato da

Classe	Condizione corteccia	Presenza di rami piccoli	Consistenza legno	Altre caratteristiche visive
1	Intera e attaccata	Presenti	Intatta	Piccole aree di marciume sottocorteccia
2	Intera ma distaccata	Parzialmente presenti	Intatta	Aree di marciume < 3 cm
3	Frammenti distaccati	Assenti	Parzialmente in frammenti	Aree di marciume > 3 cm
4	Assente	Assenti	In frammenti	Ampie aree di marciume
5	Assente	Assenti	In polvere	Ampie aree di marciume, muschi, licheni e corpi fruttiferi fungini

Tabella 1: caratteri visivi impiegati per l'assegnazione della classe di decomposizione del legno morto a terra.



Figura 1

quattro segmenti disposti in modo da formare un quadrato o un rettangolo. Alcuni studi hanno dimostrato che al fine di migliorare le stime del volume di legno morto a terra è importante utilizzare più di un *transect* (BELL *et al.*, 1996). Pertanto, nel presente studio si è optato per impiegare due *transect* della lunghezza di 26 m ciascuno (52 m di sviluppo complessivo) disposti in modo sistematico: il primo in direzione Nord-Sud (N-S) passante per il centro dell'unità di campionamento e il secondo in direzione Est-Ovest (E-O) perpendicolare al primo e anch'esso passante per il centro dell'unità di campionamento. Per tutti i frammenti o tronchi di legno morto – con diametro superiore alla soglia diametrica di 5 cm – intercettati dai due transect sono stati misurati due diametri ortogonali tra loro nell'esatto punto d'intersezione (Fig.1) (WARREN, OLSEN, 1964). Questo metodo di campionamento detto campionamento di tipo lineare *Line Intersect Sampling* o LIS (WARREN,

OLSEN, 1964) ha il vantaggio di stimare il volume del legno morto a terra a ettaro mediante il solo utilizzo del diametro poiché il metodo non richiede la misurazione della lunghezza dei frammenti intercettati. L'equazione impiegata per la stima dei volumi del legno morto a terra è stata la seguente (VAN WAGNER, 1968):

$$V = (\pi^2 \sum_n \frac{d_i^2}{8L})$$

dove:

$V$  = volume del legno morto a terra ( $m^3/ha$ );  
 $d_i$  = diametro (inteso come media dei due diametri) del frammento  $i$  nel punto di intersezione con il *transect* (cm);  
 $n$  = numero di frammenti di legno morto a terra intercettati dai *transect*;  
 $L$  = lunghezza dei *transect* in metri (52 m).

In aggiunta, per ciascun frammento o tronco di legno morto intercettato dai *transect* sono state raccolte alcune informazioni qualitative: la specie di appartenenza oppure la categoria botanica (conifere o latifoglie) nel caso non fosse possibile riconoscere esattamente la specie, e la classe di decomposizione impiegando il sistema a 5-classi proposto da Hunter (1990) e modificato da Paletto e Tosi (2010).

La determinazione della classe di decomposizione è stata fatta visivamente tenendo in considerazione i seguenti caratteri visivi (NÆSSET, 1999): condizione della corteccia, presenza di rami di piccole dimensioni (minori di 3 cm), consistenza del legno alla penetrazione, altre caratteristiche visive quali

Area studio	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Pratomagno	15,60	1,58	8,52	1,89	2,74
Monte Amiata	0,11	1,29	4,15	6,90	1,28
Monte Morello	3,36	12,86	35,03	11,31	2,36

Tabella 2: volumi medi di legno morto a terra per classe di decomposizione e area studio.

la presenza di marciumi, muschi, licheni e corpi fruttiferi fungini (Tabella 1). La determinazione della classe di decomposizione del legno morto a terra è un'informazione importante dal punto di vista gestionale in quanto consente di mettere in evidenza eventuali picchi di mortalità, sia di origine naturale (dovuti a schianti, incendi o attacchi biotici) sia dovuti ad interventi selvicolturali. In un popolamento forestale in equilibrio ecologico non si registra in genere una concentrazione del legno morto a terra in una o due classi di decomposizione, ma risulta equamente ripartito in tutte le classi, con un'eventuale leggera prevalenza di volume nelle classi meno decomposte. Viceversa, quando si riscontra una concentrazione anomala di legno morto a terra in una o due classi di decomposizione è ipotizzabile che si siano verificati in passato picchi di mortalità. La conoscenza di questi fenomeni può essere di grande utilità nella definizione di future strategie gestionali finalizzate a migliorare il popolamento dal punto di vista strutturale e funzionale.

## Risultati

I risultati raccolti nelle aree di saggio (18 e 27 rispettivamente nei progetti FoResMit e SelPiBio) mettono in luce delle notevoli differenze nei volumi di legno morto presenti nelle tre pinete di pino nero oggetto di studio.

I volumi più alti si registrano a Monte Morello dov'è stato stimato un quantitativo di legno morto a terra pari a 64,92 m<sup>3</sup>/ha. Nell'area studio del Pratomagno si è stimato, invece, un quantitativo di legno morto a terra ad ettaro pari a 30,33 m<sup>3</sup>/ha e nell'area studio del Monte Amiata di 13,73 m<sup>3</sup>/ha.

Questi volumi di necromassa a ettaro risultano superiori a quanto evidenziato dal secondo Inventario Forestale Nazionale (INFC) il quale ha messo in luce volumi di legno morto di poco superiori ai 10,9 m<sup>3</sup>/ha per le pinete del centro Italia, a fronte di un valore per le pinete di tutta Italia di 8 m<sup>3</sup>/ha (P-

GNATTI *et al.*, 2009).

Osservando i dati per classe di decomposizione (Tabella 2), si evince che circa la metà del volume di necromassa nel Pratomagno rientra nella prima classe di decomposizione (51%), mentre il 28% rientra nella terza classe di decomposizione. Il volume restante è ripartito tra la seconda (5%), la quarta (6%) e la quinta (10%) classe di decomposizione. In riferimento all'area di studio del Monte Amiata solo l'8% del legno morto a terra appartiene alle prime due classi di decomposizione, mentre il 63% è concentrato nelle ultime due classi di decomposizione. Infine, per l'area studio di Monte Morello si evidenzia che nella seconda e terza classe di decomposizione si concentra il 74% del volume del legno morto a terra, mentre la prima e la quinta contribuiscono solo per il 5,2% e 3,6% rispettivamente.

Per quanto concerne Monte Morello, la quantità di necromassa legnosa presente in quest'area è la testimonianza della situazione di forte degrado in cui si trovano le pinete di pino nero di questa zona (Fig.2). La quasi totalità dei soprassuoli presenti nell'area osservata deriva da rimboschimenti realizzati nel secolo scorso. Attualmente questi popolamenti mostrano fenomeni di deperimento riconducibili, per motivi diversi, ad un precoce invecchiamento. Il manifestarsi di tali fenomeni in stadi precoci è imputabile da un lato alle difficoltà stagionali (substrato edafico, siccità, aumento della temperatura, successione delle specie) dall'altro alla pressoché totale assenza di cure selvicolturali e fitosanitarie, che avrebbero dovuto favorire la capacità di difesa di questi boschi, spesso realizzati con specie impiegate fuori del loro areale di origine. All'origine della grande quantità di legno morto a terra vi sono situazioni di forte instabilità, che



Figura 2

si manifestano con diffuse morie di piante. Il fatto che non vi siano stati interventi di diradamento precedenti a quelli realizzati nel corso del progetto LIFE FoResMit, che avrebbero potuto asportare biomassa da destinare alla produzione di energia rinnovabile, spiega ulteriormente l'elevata quantità di legno morto attualmente presente. Il popolamento di Monte Morello presenta il grado di mescolanza specifica maggiore tra i rimboschimenti delle tre aree di studio. Al pino nero, al momento dell'impianto, sono infatti state consociate altre specie (soprattutto cipresso comune, ma anche cerro). In questo caso la competizione tra le piante è stata maggiormente spinta già in fase giovanile. Ciò concorre a spiegare, insieme alla elevata densità di impianto, come l'autodiradamento della pineta sia iniziato a stadi evolutivi giovanili.

La funzione turistico-ricreativo riveste un'importanza chiave a Monte Morello, ma l'attuale fruibilità delle parti interne del bosco (fuori dalle strade sterrate) è fortemente compromessa dalla presenza di legno morto a terra che in certe situazioni rende quasi

impossibile muoversi all'interno del bosco. Inoltre, il legno morto a terra si concentra nelle classi di decomposizione iniziali, in cui la necromassa si presenta sotto forma di tronchi e rami, anche di grandi dimensioni, che costituiscono un potenziale pericolo per i visitatori.

Un ulteriore aspetto da non trascurare è quello relativo al rischio incendi. Infatti, la totalità di Monte Morello ricade nella zona ad alto rischio per lo sviluppo degli incendi boschivi. Anche la composizione specifica dei soprassuoli, che come accennato vede la prevalenza di conifere, contribuisce al propagarsi degli incendi boschivi, in quanto le resinose hanno un'infiammabilità più elevata rispetto alle latifoglie. Inoltre, la frequente presenza di piante secche, deperienti e l'abbondante necromassa al suolo amplifica la possibilità di innesco e diffusione di incendi in foresta. Pertanto, si rende necessario dal punto di vista selvicolturale ridurre i quantitativi di legno morto a terra al fine di accrescere la fruibilità turistico-ricreativo dell'area e diminuire il rischio di incendi e di attacchi biotici. In tal senso, è auspicabile nei prossimi anni l'asportazione del legno morto a terra appartenente alla seconda e terza classe di decomposizione dell'80% rispetto ai volumi correnti (da 48 m<sup>3</sup>/ha a meno di 10 m<sup>3</sup>/ha).

In Pratomagno il legno morto a terra è concentrato nelle prime tre classi di decomposizione. Il popolamento studiato deriva dal rimboschimento effettuato nel 1955 e quindi è in uno stadio evolutivo di transizione tra fustaia giovane e fustaia matura. L'assenza di diradamenti giovanili ha cominciato a fare sentire gli effetti negativi sulla competizione e quindi a creare i primi fenomeni di "autodiradamento" per mortalità naturale. Inoltre, è importante segnalare che i rilievi sono stati eseguiti precedentemente gli eventi meteorologici catastrofici di marzo 2016, che hanno provocato numerosi schianti nell'area del Pratomagno. I volumi attuali di necromassa, specialmente nelle prime tre classi di decomposizione, si presume siano ulteriormente aumentati. Pertanto, è consigliabile procedere con il prelievo del 50% del legno morto appartenente alla pri-

ma classe di decomposizione (da 16 m<sup>3</sup>/ha a meno di 8 m<sup>3</sup>/ha) non intervenendo sulle altre quattro classi di decomposizione.

In riferimento al Monte Amiata solo una percentuale pari all'8% del legno morto appartiene alle prime due classi di decomposizione, mentre il 63% del legno morto è concentrato nella quarta e quinta classe di decomposizione. Questa distribuzione ci indica che la necromassa a terra oltre ad essere poco abbondante deriva da eventi lontani nel tempo. Le ragioni probabilmente stanno nella maggiore stabilità di questi soprassuoli per via delle condizioni pedologiche e ambientali più favorevoli per il pino nero rispetto alle altre due aree di studio. La pineta è quella più giovane tra le tre studiate. Dopo un normale fenomeno di mortalità giovanile (nella fase di perticaia), attualmente la giovane fustaia presenta una struttura che, pur evidenziando una forte competizione, si avvantaggia delle buone condizioni edafiche per mantenere una vigoria complessivamente soddisfacente. In assenza di diradamenti nel prossimo futuro si stima un incremento deciso della mortalità per cause naturali (competizione). Considerando il volume corrente e la distribuzione del legno morto a terra per classi di decomposizione in quest'area di studio si suggerisce di non procedere con l'asportazione del legno morto a terra per finalità di conservazione delle biodiversità.

### Conclusioni

Lo studio delle principali caratteristiche quantitative (volume) e qualitative (classe di decomposizione) del legno morto è di fondamentale importanza per comprendere le fasi evolutive di un popolamento fornendo informazioni utili per una gestione forestale sostenibile su piccola scala che tenga conto sia della fruibilità e sicurezza del bosco, sia degli aspetti ecologici. In questo contesto, la domanda chiave che gli studi scientifici si dovrebbero porre è quella di stabilire il volume minimo e massimo di legno morto da lasciare in bosco distinto per classi di decomposizione, tenendo nella debita con-

siderazione tutte le funzioni svolte da questa componente dell'ecosistema forestale.

Soltanto approcciando il problema in una prospettiva di *trade-off* – da un lato considerando l'importanza del legno morto per la biodiversità e per lo stoccaggio del carbonio dall'altro i maggiori rischi fitosanitari e di incendi legati a questa componente – è possibile valutare in maniera olistica tutti gli aspetti in gioco per stabilire il volume di legno morto da (non) asportare durante i trattamenti selvicolturali. In ogni caso, la scelta dovrà essere valutata caso per caso in base alla tipologia forestale, alla forma di governo, alla struttura del bosco e agli indirizzi gestionali che si intende perseguire.

### Ringraziamenti

Il lavoro è stato finanziato dal programma LIFE, nel contesto dei Progetti FoResMit (LIFE14/CCM/IT/905- Recovery of degraded coniferous Forests for environmental sustainability Restoration and climate change Mitigation) e SelPiBio (LIFE13 BIO/IT/000282 - Innovative silvicultural treatments to enhance soil Biodiversity in artificial black Pine stands).

### BIBLIOGRAFIA

- BELL G., KERR A., McNICKLE D., WOOLLONS R. 1996 – *Accuracy of the line intersect method of post-logging sampling under orientation bias*. Forest Ecology and Management, 84: 23-28.
- BUFFON G. 1777 – *Essai d'arithmétique morale*. Histoire naturelle, générale et particulière, Supplément 4: 46-123.
- CANTIANI P. 2016 – *Il diradamento selettivo. Accrescere stabilità e biodiversità in boschi artificiali di pino nero*. Manuale tecnico SelPiBioLife. Compagnia delle Foreste.
- CANTIANI P., PLUTINO M., MARCHI M. 2017 – *SelPiBioLife per i popolamenti di pino nero. Una strategia selvicolturale per pinete artificiali con funzioni e destinazioni diverse*. Sherwood, 225: 21-24.
- CENNI E., BUSSOTTI F., GALEOTTI L. 1998 – *The decline of a Pinus nigra Arn. reforestation stand on a limestone substrate: the role of nutritional factors examined by means of foliar diagnosis*. Annales des sciences forestières (Vol. 55, No. 5, pp. 567-576). EDP Sciences.



- DI COSMO L., GASPARINI P., PALETTO A., NOCETTI M. 2013 – *Deadwood basic density values for national-level carbon stock estimates in Italy*. Forest Ecology and Management, 295: 51-58.
- DUVALL M.D., GRIGAL D.F. 1999 – *Effects of timber harvesting on coarse woody debris in red pine forests across the Great Lakes states, U.S.A.* Canadian Journal of Forest Research, 29: 1926-1934.
- FAO 2004 – *Global Forest Resources Assessment Update 2005: Terms and Definitions*. Working Papers 83/E, Forest Resources Assessment Programme, Rome.
- FATTORINI L., PISANI C. 1999 – *Metodi di campionamento per le indagini ambientali. Appunti del corso di statistica per l'ambiente*. Anno accademico 1999-2000, II edizione. Università degli studi di Siena, 216 pp.
- HAGEMANN U., MORONI M.T., MAKESCHIN F. 2009 – *Deadwood abundance in Labrador high-boreal black spruce forests*. Canadian Journal of Forest Research, 39: 131-142.
- HARMON M., SEXTON J., CALDWELL B.A., CARPENTER S.E. 1994 – *Fungal sporocarp mediated losses of Ca, Fe, K, Mg, Mn, N, P, and Zn from conifer logs in the early stages of decomposition*. Canadian Journal of Forest Research, 24: 1883-93.
- HARMON M.E., FRANKLIN J.F., SWANSON F.J., SOLLINS P., GEGORY S.W., LATTIN J.D., ANDERSON N.H., CLINE S.P., AUMEN N.G., SEDELL J.R., LIENKAEMPER G.W., CROMAK K., CUMMINS K.W. 1986 – *Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems*. Advanced Ecology Research, 15: 133-302.
- HARMON M.E., SEXTON J. 1996 – *Guidelines for measurements of woody detritus in forest ecosystems*. Seattle: University of Washington.
- HERNÁNDEZ DE LA CRUZ M., 2001 – *Line sampling for assessment of tree rows and forest stretches in inventories*. Themenbearbeitung an der Abteilung für Forstlich Biometrie, Albert Ludwigs Universität, Freiburg.
- HUNTER M.L. 1990 – *Wildlife, forests and forestry*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 370 pp.
- LA FAUCI A., BAGNATO S., GUGLIOTTA O.I., 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 C.E. 1999 – *The contribution of coarse woody debris to carbon, nitrogen and phosphorus cycles in three Rocky Mountains coniferous forests*. Canadian Journal of Forest Research, 34: 763-777.
- LARJAVAARA M., MULLER-LANDAU H.C. 2011 – *Cross-Section Mass: An Improved Basis for Woody Debris Necromass Inventory*. Silva Fennica, 45(2): 291-298.
- LIGOT G., LEJEUNE P., RONDEUX J., HÉBERT J. 2012 – *Assessing and Harmonizing Lying Deadwood Volume with Regional Forest Inventory Data in Wallonia (Southern Region of Belgium)*. The Open Forest Science Journal, 5: 15-22.
- MERGANIČOVÁ K., MERGANIČ J. 2010 – *Coarse woody debris carbon stocks in natural spruce forests of Babia hora*. Journal of Forest Science, 56(9): 397-405.
- 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.
- NÆSSET E. 1999 – *Relationship between relative wood density of Picea abies logs and simple classification systems of decayed coarse woody debris*. Scandinavian Journal of Forest Research, 14: 454-461.
- NOCENTINI S., 2002 – *Gli alberi morti in foresta: un principio biologico per la gestione forestale sostenibile*. In: Atti del Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi. "Dagli alberi morti, la vita della foresta. La conservazione della biodiversità forestale legata al legno morto", Corniolo, pp. 15-20.
- NOCENTINI, S., 1995. *La rinaturalizzazione dei rimboschimenti. Una prova su pino nero e laricio nel complesso di Monte Morello (Firenze)*. L'Italia forestale e montana, 4: 425-435.
- PALETTO A., TOSI V. 2010 – *Deadwood density variation with decay class in seven tree species of the Italian Alps*. Scandinavian Journal of Forest Research, 25: 164-173.
- PASTORELLA F., AVDAGIĆ A., ČABARAVIČIĆ A., MRAKOVIĆ A., OSMANOVIĆ M., PALETTO A. – 2016 *Tourists' perception of deadwood in mountain forests*. Annals of Forest Research, 59(2): 311-326.
- PETERKEN G. 1996 – *Natural woodland. Ecology and conservation in northern temperate region*. Cambridge University press, Cambridge, p. 522.
- PICKFORD S.G., HAZARD J.W. 1978 – *Simulation studies on Line Intersect Sampling of forest residue*. Forest Science, 4: 469-483.
- PIGNATTI G., DE NATALE F., GASPARINI P., PALETTO A. 2009 – *Il legno morto nei boschi italiani secondo l'Inventario Forestale Nazionale*. Forest@, 6: 365-375.
- ROUVINEN S., KUULUVAINEN T., KARJALAINEN L., 2002 – *Coarse woody debris in old Pinus sylvestris dominated forests along a geographic and human impact gradient in boreal Fennoscandia*. Canadian Journal of Forest Research, 32: 2184-2200.
- SPEIGHT M.C.D. 1989 – *Les invertébrés saproxyliques et leur protection*. Conseil d'Europe. Collection Sauvegarde de la Nature 42, 77 p.
- STEVENS V. 1997 – *The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in BC forests*. British Columbia Ministry of Forests Research Program, Working Paper 30, 32 p.
- THOMAS J.W., 2002 – *Dead wood: from forester's bane to environmental boon*. In: W.F. Laudenslayer, W.F., Shea P.J., Valentine B.E., Weatherspoon C.P., Lisle T.E. (eds), Proceedings of the Symposium on the Ecology and Management of Dead Wood in Western Forests.
- TOBIN B., BLACK K., MCGURDY L., NIEUWENHUIS M. 2007 – *Estimates of decay rates of components of coarse woody debris in thinned Sitka spruce forests*. Forestry, 80(4): 455-469.
- TOMPO E., GSCHWANTNER T., LAWRENCE M., MCROBERTS R.E. 2010 – *National Forest Inventories – Pathways for*

*Common Reporting*. Springer Science + Business Media BV.

VALLAURI D., ANDRÉ J., DODELIN B., EYNARD-MACHET R., RAMBAUD D. 2005 – *Bois mort et à cavités. Un clé pour des forêts vivantes*. Editions Tec & Doc, Paris, pp. 405

VAN WAGNER C.E. 1968 – *The line intersect method in forest fuel sampling*. *Forest Science*, 14: 20-26.

WARREN W.G., OLSEN P.F. 1964 – *A line intersect technique for assessing logging waste*. *Forest Science*, 13: 267-276.

WEGGLER K., DOBBERTIN M., JÜNGLING E., KAUFMANN E., THÜRIG E. 2012 – *Dead wood volume to dead wood carbon: the issue of conversion factors*. *European Journal of Forest Research*, 131: 1423-1438.

### Filippo Giuntini

Laureato in “Scienze Forestali ed Ambientali” alla  
Facoltà di Agraria,  
Università degli Studi di Firenze, Firenze.  
E-mail: filippo.giuntini1234@gmail.com

### Isabella De Meo

Centro di ricerca per l’Agrobiologia e la Pedologia  
Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in  
Agricoltura (CREA-ABP), Firenze.  
E-mail: isabella.demeo@entecra.it

### Anna Graziani

Centro di ricerca per l’Agrobiologia e la Pedologia  
Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in  
Agricoltura (CREA-ABP), Firenze.

### Paolo Cantiani

Centro di ricerca per la Selvicoltura  
Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in  
Agricoltura (CREA-SEL), Arezzo.  
E-mail: paolo.cantiani@crea.gov.it

### Alessandro Paletto

Unità di ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione  
Forestale  
Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in  
Agricoltura (CREA-MPF), Trento.  
E-mail: alessandro.paletto@crea.gov.it

**PAROLE CHIAVE:** *necromassa a terra, Line Intersect Sampling, pinete di pino nero, classi di decomposizione, trattamenti selvicolturali.*

### RIASSUNTO

Il presente studio descrive e confronta la quantità di legno morto a terra presente in rimboschimenti di pino nero al fine di mettere in luce l’importanza di questa componente forestale per la biodiversità specifica e lo stoccaggio temporaneo di carbonio. La stima dei volumi di legno morto a terra in tre aree studio della Toscana (Pratomagno, Monte Amiata e Monte Morello) è stata fatta tramite *Line Intersect Sampling* (LIS). Nel corso dei rilievi in campo sono state raccolte, oltre al diametro dei frammenti di legno morto a terra nel punto di intersezione con il *transect*, anche altre informazioni quali la specie d’appartenenza e la classe di decomposizione (sistema a 5-classi di decomposizione). I risultati dello studio mettono in evidenza quantitativi di legno morto, in tutte e tre i casi studio, superiori a quelli evidenziati dal secondo Inventario Forestale Nazionale (INFC) per le pinete dell’Italia centrale. In particolare, sono stati stimati volume di legno morto a terra di 64,92 m<sup>3</sup>/ha per Monte Morello, 30,31 m<sup>3</sup>/ha per il Pratomagno e 13,16 m<sup>3</sup>/ha per il Monte Amiata. In termini di distribuzione dei volumi per classi di decomposizione si evidenzia una prevalenza di legno morto nella seconda e terza classe di decomposizione a Monte Morello (73% del volume totale), nella prima classe di decomposizione in Pratomagno (51% del volume totale) e nelle ultime due classi di decomposizione nel Monte Amiata (63%).

**KEYWORDS:** *lying deadwood, Line Intersect Sampling, black pine forests, decay class, silvicultural treatments.*

### ABSTRACT

The study analyses the quantity of lying deadwood volume in black pine plantations in order to highlight the importance of this component of forest ecosystems for biodiversity and carbon sequestration. The quantification of deadwood volume in three study areas (Pratomagno, Monte Amiata e Monte Morello) of Tuscany region was realized using the *Line Intersect Sampling* (LIS) method. In various sampling points, the diameter of lying deadwood, the species and the decay class (5-decay class system) were collected during the field measurements. The results of the study show that the lying deadwood volume in the three case studies is higher than the lying deadwood volume estimated for the pine forests of Central Italy by the second National Forest Inventory (INFC). In particular, 64,92 m<sup>3</sup>/ha in Monte Morello, 30,31 m<sup>3</sup>/ha in Pratomagno and 13,16 m<sup>3</sup>/ha in Monte Amiata were quantified. With regard to the decay class, in Monte Morello the lying deadwood volume is concentrated in second and third decay classes (73% of total volume), in Pratomagno in the first decay class (51% of total volume) and in Monte Amiata in the last two decay classes (63% in fourth and fifth decay classes).