

## Interventi compensativi volontari: Congresso SISEF ad impatto zero... scelte opportune?

Maesano M\*, Garfi V, Tognetti R, Lasserre B, Chiavetta U, Scirè M, Di Martino P, Vitale S, Marchetti M

*EcoGeoFor - Laboratorio di Ecologia e Geomatica Forestale, Dipartimento di Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e il Territorio, Università degli Studi del Molise, Contrada Fonte Lappone snc, I-86090 Pesche (IS - Italy) -*

*\*Corresponding Author: Mauro Maesano (mauro.maesano@unimol.it).*

**Abstract:** *Voluntary offsetting actions: SISEF congress at impact zero... appropriate choice?* Everyone has a carbon footprint. It represents the CO<sub>2</sub> emission amount caused by the activities of a person during a specific interval time. The purpose of the study is to calculate CO<sub>2</sub> emissions deriving from the VII SISEF Congress activities. The idea is to provide an added value to the event through the realization of voluntary offsetting actions. These actions are local projects of sustainable forest management and tree plantation in order to improve carbon stock. Specifically, the emissions offset will be realized through direct actions: (1) a plantation of about 50 trees in the parking of STAT department of the University of Molise; (2) implementation of an arbo-retum in the Apennine flora Garden of Capracotta; and (3) a coppice conversion plan in Monte Vairano (Campobasso), owned by the University of Molise. The methodology foresaw the currently stored carbon baseline calculation and the expected time accumulation for the entire duration of the actions. The STAT Department of the University of Molise will bind its interventions in order to avoid additionality feature and will monitor over time to ensure the effects permanence in carbon storage. The total emissions calculations of Congress amounted to around 12 Mg CO<sub>2</sub> and proposed offsetting actions largely exceed that value.

**Keywords:** Kyoto protocol, CO<sub>2</sub>, Carbon, Sink

**Citation:** Maesano M, Garfi V, Tognetti R, Lasserre B, Chiavetta U, Scirè M, Di Martino P, Vitale S, Marchetti M, 2011. Interventi compensativi volontari: Congresso SISEF ad impatto zero... scelte opportune? *Forest@* 8: 49-59 [online 2011-05-23] URL: <http://www.sisef.it/forest@/show.php?id=656>

### Introduzione

Le foreste hanno un ruolo fondamentale nel ciclo globale del carbonio (IPCC 2007). La ratifica del Protocollo di Kyoto comporta la realizzazione di una serie di interventi per quei Paesi che hanno assunto l'obbligo di ridurre tra il 2008 e il 2012 le proprie emissioni rispetto al 1990. Tra questi, l'Italia ha preso l'impegno di ridurre le proprie emissioni del 6.5 % (Pettenella & Zanchi 2006). Tra le attività previste per la mitigazione dei cambiamenti climatici, il Protocollo di Kyoto include anche attività riferibili a *Land Use, Land Use Change and Forestry* (LULUCF); in pratica viene riconosciuto un importante ruolo di stabilizzazione delle concentrazioni di gas serra nell'atmosfera agendo sugli usi del suolo. Per essere ammissibili, le attività LULUCF devono aver avuto inizio non prima del 1990 ed essere intenzionali, cioè

prodotte da interventi diretti, volontari, non naturali (Cicarese & Pettenella 2005). Questo ha, di fatto, accresciuto l'importanza del ruolo ecologico e quindi della funzione socio-economica svolte dalle foreste. Infatti, il comparto agricolo e forestale gioca un ruolo fondamentale come "pozzo" (*sink*) di carbonio e sono considerate a loro volta delle vere e proprie riserve (*carbon stock*). L'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC 2007) ha dimostrato che il settore forestale ha il maggior potenziale per ridurre i livelli di CO<sub>2</sub>, a costi ragionevoli, nei prossimi 25 anni, rispetto a tutte le altre attività di mitigazione (Betteleheim 2008). Il Protocollo di Kyoto indica diverse strategie per aumentare gli *stock* di carbonio materializzate nell'art. 3.3 "Nuove piantagioni" e nell'art. 3.4 "Miglioramento degli *stock*" delle foreste esistenti.

Da molti anni diverse amministrazioni pubbliche,

imprese e persino singoli individui, hanno sentito la necessità di effettuare investimenti di tipo volontario per ridurre od annullare le proprie emissioni. Tali scelte sono legate a motivazioni ideali, ma anche a considerazioni pragmatiche connesse al risparmio ed alla maggior competitività delle imprese con bassi livelli di emissioni e dall'utilizzo di tecniche di *green marketing* volte a migliorare l'immagine dell'organizzazione nel mercato (Ciccarese & Pettenella 2008).

Gli interventi compensativi che interessano le risorse forestali sono classificabili in quattro tipologie (Pettenella & Zanchi 2006):

1. realizzazione di piantagioni su terreni agricoli, incolti o urbanizzati;
2. miglioramenti boschivi volti ad aumentare lo *stock* nella biomassa epigea, ipogea, nella lettiera e nel suolo;
3. investimenti di prevenzione dei fenomeni di disboscamento e/o di danneggiamento delle foreste esistenti;
4. realizzazione di impianti per la produzione di biomassa ad uso energetico.

La realizzazione di questi interventi, nella logica di un miglioramento effettivo delle condizioni climatiche, non è sempre priva di problemi (Pettenella & Zanchi 2006). Infatti, per essere riconosciuti dal Protocollo di Kyoto, gli interventi compensativi devono possedere tre caratteristiche:

1. il rispetto del criterio d'addizionalità;
2. la verifica della permanenza degli effetti;
3. la necessità di evitare effetti collaterali di segno opposto (*leakage*).

Ognuno di noi ha una propria impronta ecologica legata al ciclo del carbonio. La *carbon footprint* è la quantità di CO<sub>2</sub> emessa da ciascuno per le proprie attività svolte durante uno specifico intervallo di tempo. Praticamente non esiste attività svolta da strutture organizzate e da singoli che non possa essere oggetto di compensazione. Gli investimenti compensativi nel settore primario sono attualmente favoriti solo da agenzie di servizio che offrono un portafoglio di possibili interventi, quali ad esempio progetti di riforestazione, afforestazione e investimenti sulle energie rinnovabili.

L'obiettivo del presente lavoro è stato quello di quantificare le emissioni di CO<sub>2</sub> derivanti dal VII Congresso Nazionale SISEF, e programmare gli interventi volontari compensativi necessari a neutralizzarle. La neutralizzazione fa riferimento all'attività d'abbattimento delle emissioni di CO<sub>2</sub> con la realizzazione di progetti che promuovono interventi sostenibili di forestazione e gestione forestale, con ricadu-

te positive sulle popolazioni locali.

Le emissioni in atmosfera dovute alla mobilità di persone e merci su strada rappresentano una delle maggiori sorgenti di inquinamento dell'aria (ANPA 2000). Per un congresso ad emissioni zero sono, quindi, questi i principali punti sensibili sui quali intervenire per monitorare il processo. L'organizzazione e la gestione dell'evento sono state un processo complicato che ha comportato la necessaria assunzione di approssimazioni per la stima di un valore medio d'emissione.

## Materiali e Metodi

Nel presente lavoro il bilancio del carbonio del VII Congresso SISEF è stato inteso come differenza tra le emissioni derivanti dalla partecipazione e dalla gestione del congresso e gli interventi volontari compensativi previsti.

I dati utilizzati per la stima delle emissioni sono stati ricavati da un questionario fatto compilare a tutti i partecipanti al Congresso, durante l'iscrizione. Nel questionario è stato richiesto di indicare la tipologia di mezzo utilizzato per raggiungere la sede congressuale, il numero di pernottamenti e la provenienza.

Per il calcolo delle emissioni derivanti dalla partecipazione e dalla gestione del congresso sono stati quindi presi in considerazione le seguenti fonti di emissioni:

- il viaggio di andata e di ritorno dei partecipanti, distinguendo la tipologia di mezzo utilizzato (auto, pullman, treno, aereo) per raggiungere la sede del congresso e l'eventuale numero di passeggeri nelle autovetture. Quest'ultime sono state differenziate per categorie di cilindrata (cc<1399, 1400<cc<1999, cc>2000) e per tipologia di carburante (diesel, benzina, GPL) al fine di ricavarne i consumi medi;
- il consumo energetico dovuto a riscaldamento e/o condizionamento, illuminazione, utilizzo di computer, proiettori, microfoni ecc., stimato in base al consumo medio giornaliero della sede congressuale, derivato dai kilowatt mensili effettivamente consumati nel periodo in cui è stato organizzato il congresso;
- la mobilità durante il congresso considerando le distanze medie percorse per raggiungere le sedi dei luoghi di pernottamento e per le gite congressuali;
- il pernottamento (numero notti) dei partecipanti desunto dal questionario; in termini di soggiorno in hotel si determinano le emissioni dovute principalmente al consumo di elettricità;

- l'allestimento del *catering* e dei *coffee break*; il parametro considerato in questo caso è stato il numero dei *coffee break* e *buffet* realizzati durante il periodo congressuale.

Per avere una stima sufficientemente attendibile della CO<sub>2</sub> prodotta da ogni fonte considerata, sono stati mediati i risultati forniti dai diversi calcolatori di CO<sub>2</sub> utilizzati. Sono stati presi come riferimento:

- calcolatori di agenzie di servizio (<http://www.azzeroco2.it>), che propongono l'azzeramento dell'anidride carbonica derivante da eventi e manifestazioni;
- calcolatori di associazioni ambientaliste che promuovono la diminuzione dell'impronta ecologica causata dalle attività antropiche quotidiane (<http://www.myclimate.org>; <http://www.carbonfund.org/business/calculator>);
- calcolatori presenti su siti istituzionali per sensibilizzare l'opinione pubblica ([http://ec.europa.eu/environment/climat/campaign/control/walk\\_it.htm](http://ec.europa.eu/environment/climat/campaign/control/walk_it.htm); <http://www.trenitalia.it>).

La stima del carbonio fissato nei diversi serbatoi forestali considerati è stata effettuata tramite l'uso del modello *For-est* (Federici et al. 2008) basato sulla metodologia IPCC, seguendo la classificazione definita nelle *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry* (IPCC 2003), ma prendendo in considerazione solo due dei cinque *pools* di carbonio descritti: la parte ipogea ed epigea della pianta.

Gli interventi volontari compensativi messi in atto dal Dipartimento di Scienze e Tecnologie per l'Ambiente ed il Territorio (STAT) dell'Università degli Studi del Molise sono stati tre:

1. realizzazione di una piantagione di alberi nelle aree a verde del Dipartimento STAT (Pesche - IS);
2. realizzazione di un arboreto nel giardino della flora appenninica di Capracotta (Isernia);
3. conversione del bosco ceduo di Monte Vairano di proprietà dell'Università degli Studi del Molise (Campobasso).

L'accumulo del carbonio stoccato dalle piante è stato calcolato come differenza tra la quantità stimata alla fine del periodo considerato di riferimento (60 anni, poiché facilmente monitorabile nel tempo) e quella attuale. Successivamente il carbonio stoccato nell'intervallo di riferimento è stato convertito in anidride carbonica equivalente.

#### *Piantagione nelle aree verdi del Dipartimento STAT*

Il Dipartimento STAT dell'Università degli Studi del Molise, facoltà di Scienze MM.FF.NN. della sede di Pesche (Isernia), ha realizzato una piantagione di

alberi nelle aree a verde del piazzale antistante la facoltà stessa al fine di mitigare le emissioni prodotte durante i lavori del congresso nazionale ospitato in sede. L'impianto è composto da 39 tigli, 10 aceri e 2 querce rosse dell'età di 3 anni.

Per il calcolo del contenuto di carbonio attuale della piantagione sono stati misurati i diametri alla base e le altezze di tutte le piante. In assenza di adeguate tavole dendrometriche per le specie presenti, comprendenti diametri alla base di piccole dimensioni (<3 cm), e all'eccessiva rastremazione, il volume delle singole piante si è approssimato al volume di un cono.

La relazione utilizzata per quantificare la biomassa legnosa totale (epigea ed ipogea), differenziata per specie, a partire dal volume epigeo (*Growing Stock*) è la seguente (Federici et al. 2008 - eqn. 1):

$$LB = GS \cdot BEF \cdot WBD \cdot (1 + R)$$

dove *LB* è la biomassa viva totale [t.s.s] (*Living Biomass*), *GS* è il volume legnoso epigeo [m<sup>3</sup>] (*Growing Stock*), *BEF* è il fattore di conversione da volume legnoso (volume dendrometrico) a biomassa epigea (*Biomass Expansion Factor*), *WBD* è la densità basale del legno [t.s.s. m<sup>-3</sup>] (*Wood Basal Density*), *R* è il rapporto radici/parte epigea (*root/shoot*).

I parametri di *BEF* (1.53), *R* (0.24) e *WBD* (0.53 t.s.s. m<sup>-3</sup>) sono quelli proposti da Federici et al. (2008) considerando la categoria "piantagioni, altre latifoglie".

La quantità di biomassa (*LB*) è stata, prima, trasformata in tonnellate di carbonio considerando un contenuto medio in C di 0.5 g C g<sup>-1</sup> di sostanza secca (Tonolli & Salvagni 2007) e, successivamente, in anidride carbonica equivalente secondo la seguente equivalenza (eqn. 2):

$$1 \text{ Mg C} = \frac{44}{12} \text{ Mg CO}_2$$

La quantificazione del volume delle piante, e quindi della biomassa all'età di 60 anni, età considerata ottimale, per un'efficace e continuo monitoraggio nel tempo, è stata effettuata con le formule dell'Inventario Forestale Nazionale del 1985 (IFN 1985) per le specie considerate. Per la stima della crescita e dell'età delle piante sono stati presi di riferimento gli aceri e tigli presenti nella zona attraverso il prelievo di 40 campioni (20 tigli e 20 aceri) di carotine con l'ausilio della trivella di Pressler.

#### *Arboreto nel Giardino della Flora Appenninica*

L'arboreto progettato dal Dipartimento STAT del-

l'Università degli Studi del Molise si estenderà nel Comune di Capracotta per circa 3 ha e sarà ubicato all'interno dell'area del Giardino della Flora Appenninica. Per la sua realizzazione saranno occupate due aree attualmente caratterizzate da una vegetazione prevalentemente arbustiva.

Si prevede di piantare circa 400 piante appartenenti a 8 generi e a circa 40 specie (Tab. 1). Saranno piantate sia specie spontanee dei nostri ambienti, sia, nei limiti delle condizioni climatiche, specie vicarianti. Il progetto in fase di realizzazione prevede un sesto d'impianto non definitivo a gruppi della stessa specie, e la selezione successiva delle piante di miglior portamento. In tal modo, nel suo assetto finale, l'arboreto ospiterà circa 240 piante di cui almeno 3 per ciascuna delle 40 specie previste. Secondo questa considerazione è stato stimato l'accumulo di carbonio che l'arboreto realizzerà nel futuro.

Per il calcolo del contenuto iniziale di C dell'arboreto non ancora impiantato è stato preso in considerazione l'attuale arbusteto presente. Il carbonio stoccato dall'arbusteto è stato quantificato utilizzando il metodo speditivo dell'Indice Volumetrico (Chirici et al. 2009) e, successivamente, trasformato in CO<sub>2</sub> equivalente secondo l'equazione 2. L'Indice Volumetrico (IV) rappresenta il volume (m<sup>3</sup>) apparente della vegetazione per unità di superficie, e viene definito come il prodotto tra il grado di copertura percentuale sull'unità di superficie di 1 m<sup>2</sup> e l'altezza media degli arbusti in metri. Nell'arbusteto sono stati rilevati il grado di copertura e l'altezza media degli arbusti (Tab. 2). Tali dati, inseriti in un modello realizzato attraverso il campionamento distruttivo della vegetazione arbustiva in circa 80 punti (Chirici et al. 2009), hanno restituito il valore dello stock di carbonio presente nell'arbusteto stesso.

Per il calcolo del GS finale, è stata considerata la stessa soglia di tempo di 60 anni precedentemente descritta per le aree verdi dello STAT e la stessa metodologia. La quantificazione della biomassa è stata eseguita tramite l'equazione 1. I parametri applicati alla relazione sono stati divisi in base alle tre tipologie inventariali principali che costituiranno l'arboreto e più precisamente (Federici et al. 2008):

- faggete: BEF = 1.36, WBD = 0.61 t.s.s. m<sup>-3</sup>, R = 0.20;
- abetine: BEF = 1.34, WBD = 0.53 t.s.s. m<sup>-3</sup>, R = 0.24;
- altre latifoglie: BEF = 1.47, WBD = 0.38 t.s.s. m<sup>-3</sup>, R = 0.28.

#### Conversione del bosco ceduo di Monte Vairano

L'intervento è stato svolto in una cerreta a *Quercus frainetto* Ten. ubicata sul Monte Vairano, nel comune

**Tab. 1** - Lista delle specie ipotetiche da inserire nell'arboreto di Capracotta.

Lista specie ipotetiche
<i>Abies cephalonica</i> Loudon
<i>Abies cilicica</i> Carr.
<i>Abies nordmanniana</i> (Stefen) Spach.
<i>Abies pinsapo</i> Boiss.
<i>Acer campestre</i> L.
<i>Acer cappadocicum</i> subsp. <i>Lobelii</i> Ten.
<i>Acer monspessulanum</i> L.
<i>Acer obtusatum</i> W. et K.
<i>Acer opalus</i> Mill.
<i>Acer platanoides</i> L.
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.
<i>Fagus moesiaca</i> Cz.
<i>Fagus crenata</i> Blume
<i>Fagus engleriana</i> Seemen
<i>Fagus grandiflora</i> Ehrh.
<i>Fagus japonica</i> Maxim.
<i>Fagus orientalis</i> Lipsky
<i>Fagus sylvatica</i> L.
<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl
<i>Fraxinus excelsior</i> L.
<i>Fraxinus ornus</i> L.
<i>Fraxinus oxycarpa</i> Bieb.
<i>Nothofagus antarctica</i> Nire
<i>Nothofagus betuloides</i> Mirb.
<i>Nothofagus dombeyi</i> Mirb.
<i>Nothofagus macrocarpa</i> A.DC.
<i>Nothofagus nervosa</i> Phil.
<i>Nothofagus pumilio</i> Krasser
<i>Pyrus amygdaliformis</i> Vill.
<i>Pyrus pyraeaster</i> Burgsd
<i>Sorbus aria</i> L. (Crantz)
<i>Sorbus aucuparia</i> L.
<i>Sorbus domestica</i> L.
<i>Sorbus torminalis</i> L.
<i>Tilia americana</i> L.
<i>Tilia cordata</i> Mill.
<i>Tilia heterophylla</i> Vent.
<i>Tilia platyphyllos</i> cop.
<i>Tilia tomentosa</i> L.

**Tab. 2** - Parametri rilevati per l'applicazione dell'IV.

Copertura %	Altezza media [m]	Superficie [m <sup>2</sup> ]
65	1.3	30000

**Tab. 3** - Valori dendrometrici attuali del ceduo di Monte Vairano.

Parametro	Valore
Diametro medio polloni [cm]	5.1
Altezza media polloni [m]	5.2
Diametro medio matricine [cm]	18.7
Altezza media matricine [m]	12.2
Numero polloni ad ettaro	11000
Numero matricine ad ettaro	128
Numero ceppaie ad ettaro	915

di Campobasso ad un'altitudine di 870 m s.l.m.. Con riferimento ai documenti che costituiscono il Piano Forestale della Regione Molise 2002-2006, il bosco ricade nella seconda delle sette unità fitoclimatiche ed è situato nella fascia fitoclimatica con termotipo collinare, ombrotipo umido-subumido. Le precipitazioni annue sono di 858 mm con piogge estive relativamente abbondanti (131 mm), e presenza di due mesi di lieve aridità nel periodo estivo. Le temperature medie annue sono inferiori a 10 °C per 5-6 mesi l'anno ma mai sotto 0 °C; le temperature medie minime del mese più freddo sono comprese tra 0.4 - 2.1 °C. Pedologicamente, l'area ha una matrice argillosa. Il sito è localizzato nella proprietà dell'Università degli Studi del Molise, in cui è presente un'area di studio permanente (LTER), e presenta le caratteristiche tipiche dei boschi dell'Appennino centrale. L'area boscata ha un'estensione di 22 ettari ed è caratterizzata per il 66 % (14.5 ha) da ceduo densamente matricinato (128 matricine ha<sup>-1</sup>), mentre la parte restante è governata a fustaia (7.5 ha).

Il bosco governato a fustaia presenta una posizione fisiografica di medio versante, con esposizione prevalente Nord-Est e una pendenza media del 6-7 %. La struttura è caratterizzata nello strato dominante da individui di *Quercus frainetto* Ten. e *Quercus cerris* L.; nello strato dominato da qualche individuo di *Carpinus betulus* L., *Sorbus aucuparia* L. e *Sorbus torminalis* L.. Il sottobosco, presente su un terzo della superficie, è composto principalmente da: *Crataegus monogyna* Jacq., *Hedera helix* L., *Helleborus foetidus* L..

La struttura del ceduo si presenta con uno strato dominante di matricine di *Quercus cerris* L. e *Quercus frainetto* Ten., mentre nello strato dominato convivono le stesse specie delle matricine con *Sorbus torminalis* L., *Sorbus aucuparia* L., *Ostrya carpinifolia* Scop. e *Acer campestre* L.. Il sottobosco è popolato principalmente da *Crataegus monogyna* Jacq., *Hedera helix* L., *Helleborus foetidus* L.. Sia il ceduo che la fustaia presentano un elevato grado di copertura, stimato tra il 90 e il 95 %; il tipo forestale è rappresentato dalla "Cerreta mesofila varietà a farnetto" (Garfi & Marchetti 2010). L'ultima utilizzazione del ceduo risale a dodici anni fa.

L'intervento oggetto di studio prevede la conversione del ceduo matricinato per una estensione di 10 ettari. La scelta della porzione di bosco da avviare a fustaia è stata definita secondo:

- linee fisiografiche del territorio;
- preservazione dell'area permanente all'interno del bosco;
- rilascio di un *buffer* di bosco ceduo tutto intorno all'area permanente.

L'intervento consiste in una conversione indiretta per via naturale con il metodo del rilascio intensivo di allievi (Cancio & Nocentini 2004) e invecchiamento del ceduo per un tempo pari a 2 volte il turno consuetudinario ( $t = 20$  anni). Si prevedono, successivamente, due interventi all'età di 55 e 70 anni per garantire un accrescimento sostenuto e per il raggiungimento di una densità ottimale per l'utilizzazione a fine ciclo (70 anni). A questo punto, in base alle condizioni in cui si troverà il soprassuolo transitorio, e riguardo alla sua natura di bosco periurbano si valuterà il tipo di intervento da eseguire per la definitiva conversione a fustaia, garantendo, comunque, un basso impatto paesaggistico e rilasciando una copertura costante del suolo.

Per quantificare la biomassa legnosa epigea ed ipogea dal dato di volume dendrometrico è stata utilizzata l'equazione 1. Per il calcolo del contenuto iniziale di C è stato eseguito un rilievo dendrometrico (Tab. 3) in un'area di saggio circolare di 500 m<sup>2</sup> all'interno della quale è stato effettuato il cavallettamento

**Tab. 4** - Determinazione dello stock iniziale (2009) della piantagione.

Specie	N piante	Volume medio pianta [m <sup>3</sup> ]	Volume totale [m <sup>3</sup> ]	LB <sub>S</sub> [t.s.s.]	LB <sub>R</sub> [t.s.s.]	LB <sub>tot.</sub> [t.s.s.]	Stock C [Mg]	CO <sub>2</sub> equiv. [Mg]
Tiglio	39	0.00027	0.0106	0.00859	0.00206	0.01065	0.0053	0.0195
Acer	10	0.00056	0.0056	0.00451	0.00108	0.00560	0.0028	0.0103
Quercia rossa	2	0.00006	0.0001	0.00011	0.00003	0.00013	0.0001	0.0002
Totale	-	-	-	-	-	0.01638	0.0082	0.0300

**Tab. 5** - Risultati a 60 anni di età delle piante della piantagione.

Specie	N piante	Volume medio pianta [m <sup>3</sup> ]	Volume Totale [m <sup>3</sup> ]	LBs [t.s.s.]	LB <sub>(R)</sub> [t.s.s.]	LB <sub>tot.</sub> [t.s.s.]	Stock C [Mg]	CO <sub>2</sub> equiv. [Mg]
Tiglio	39	0.449	17.511	14.200	3.408	17.607	8.804	32.281
Acerò	10	0.246	2.460	1.995	0.479	2.474	1.237	4.535
Quercia rossa	2	0.251	0.502	0.407	0.098	0.505	0.252	0.925
Totale	-	-	-	-	-	20.586	10.293	37.741

totale e il rilievo di tutte le altezze (Vitale 2006).

Il GS è stato stimato utilizzando le tavole di cubatura dell'inventario forestale del 1985 (IFN 1985). I parametri di *BEF* (1.23), *R* (0.24) e *WBD* (0.69 t.s.s. m<sup>-3</sup>) sono quelli proposti da Federici et al. (2008) considerando la categoria "cedui - cerrete". Gli incrementi medi annui, di massa dendrometrica, per determinare l'accumulo di C alla fine del ciclo di vita, sono stati tratti dalle tavole alsometriche (ceduo e fustaia) dei boschi di cerro del Molise (Antonioti 1950).

Per la stima dell'anidride carbonica equivalente fissata nei tre interventi proposti, è stata eseguita la differenza tra l'accumulo finale di carbonio e quello all'inizio del periodo considerato.

## Risultati

L'elaborazione dei dati ha permesso di suddividere gli iscritti al congresso tra le varie tipologie considerate (auto e cilindrata, treno, aereo, etc.) permettendo di ricavare un valore di emissione medio stimato in base all'effettiva partecipazione al congresso. In totale è stata stimata una emissione di anidride carbonica pari a circa 12 Mg.

Tale valore deriva dalla somma delle diverse tipologie di emissioni prodotte e nello specifico:

- gli arrivi e le partenze dei partecipanti hanno prodotto emissioni pari a 8.5 Mg di CO<sub>2</sub>. L'analisi dei 144 questionari compilati dai partecipanti al congresso, ha messo in evidenza che il 76 % ha utilizzato l'automobile per raggiungere la sede congressuale, il 14 % il treno, il 6 % ha utilizzato sia l'auto che il treno, il 3 % sia il pullman che il treno che l'automobile e il restante 1 % è equidiviso tra aereo e pullman;
- il consumo energetico del congresso pari a 2.5 Mg

di CO<sub>2</sub>, prendendo in considerazione il consumo medio della facoltà nei tre giorni di congresso;

- le emissioni prodotte dagli spostamenti per il raggiungimento della sede congressuale e per le escursioni post-congresso (mobilità congressuale) pari a 0.75 Mg CO<sub>2</sub>;
- il pernottamento dei partecipanti, l'allestimento del *catering* e del *coffee break* pari a un'emissione di 0.25 Mg CO<sub>2</sub> considerando le effettive notti trascorse, dedotte dal questionario ed i pasti durante il congresso.

In definitiva, la maggior quota di emissione è dovuta ai trasporti (71 % delle emissioni totali) e al consumo energetico per l'uso dei locali nella sede congressuale (21 % delle emissioni totali).

### *Piantagione nelle aree verdi del Dipartimento STAT*

I risultati ottenuti nel calcolo dello *stock* iniziale di biomassa viva, comprensiva della parte epigea ed ipogea delle piante, è risultato pari a 0.01065, 0.00560 e 0.00013 t.s.s. rispettivamente per tigli, aceri e querce rosse, per un totale di 0.01638 t.s.s. (Tab. 4) in grado di fissare 0.0082 Mg di carbonio pari a 0.0300 Mg di CO<sub>2</sub> equivalente.

A fine periodo (a 60 anni di età delle piante) la biomassa viva stimata sarà pari a circa 17.607, 2.474 e 0.505 t.s.s. (Tab. 5) rispettivamente per tigli, aceri e querce rosse, per un totale di 20.586 t.s.s. in grado di stoccare 10.293 Mg di carbonio pari a 37.741 Mg di CO<sub>2</sub> equivalente.

La differenza tra lo *stock* di carbonio accumulato nelle piante alla fine del periodo considerato e l'accumulo iniziale è risultato di 10.28 Mg di carbonio pari a 37.69 Mg di CO<sub>2</sub> equivalente.

**Tab. 6** - Stock di carbonio a 60 anni dell'arboreto.

Tipologia Inventariale	Volume totale [m <sup>3</sup> ]	LBs [t.s.s.]	LB <sub>(R)</sub> [t.s.s.]	LB <sub>tot.</sub> [t.s.s.]	Stock di C [Mg]	CO <sub>2</sub> equiv. [Mg]
Faggete	28.216	23.408	4.682	28.089	14.04	51.48
Abetine	18.741	9.543	2.672	12.215	6.11	22.40
Altre Latifoglie	30.060	23.420	5.621	29.040	14.52	53.24

Tab. 7 - Modello di conversione del ceduo di Monte Vairano.

Anno	Anni ceduo	Utilizzazione	N matricine	Mortalità matricine %	N polloni/allievi	Mortalità polloni %	Ic medioannuo/ha fustaia	Ic medio annuo/ha polloni/allievi	V unitario matricine	V unitario polloni/allievi	V matricine m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	V polloni/all. m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	V totale m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
2009	12	-	128	-	11000	-	-	-	0.2010	0.0064	2.733	70.110	95.843
-	-	-	-	10%	-	-	4.000	2.000	-	-	-	-	-
2037	40	prima	115	-	4950	55%	-	-	-	-	135.16	87.550	222.709
-	-	dopo	115	-	885	-	-	-	-	-	135.16	61.639	196.799
-	-	-	-	5%	-	10%	4.200	4.200	1.1733	0.0697	-	-	-
2052	55	prima	109	-	796	-	-	-	-	-	191.4	118.475	309.77
-	-	dopo	100	-	717	-	-	-	1.8033	0.1576	180.33	112.928	293.254
-	-	-	-	2%	-	5%	4.000	4.000	-	-	-	-	-
2067	70	prima	98	-	681	-	-	-	-	-	236.72	167.282	404.001

*Arboreto del Giardino della Flora Appenninica*

I risultati ottenuti nel calcolo dello *stock* iniziale attraverso l'applicazione dell'Indice Volumetrico nell'arbusteto (IV) hanno evidenziato un accumulo di carbonio pari a 1.7 Mg ha<sup>-1</sup> che, moltiplicati per l'estensione del futuro arboreto (3 ha), ammonta a 5.1 Mg pari a 18.7 Mg di CO<sub>2</sub> equivalente.

Per le faggete è stato stimato un accumulo finale di anidride carbonica di circa 51.48 Mg (14.04 Mg di carbonio), per l'abetine 22.40 Mg (6.11 Mg di carbonio) e per le altre latifoglie 53.24 Mg (14.52 Mg di carbonio). L'accumulo totale di CO<sub>2</sub>, dell'arboreto, al termine del periodo considerato sarà pari a circa 127.12 Mg (34.67 Mg di carbonio - Tab. 6). La quantità di anidride carbonica accumulata durante il periodo considerato, ottenuto dalla differenza tra lo *stock* iniziale e lo *stock* a fine turno è pari a 108.42 Mg pari a 29.57 Mg di carbonio.

*Bosco di Monte Vairano*

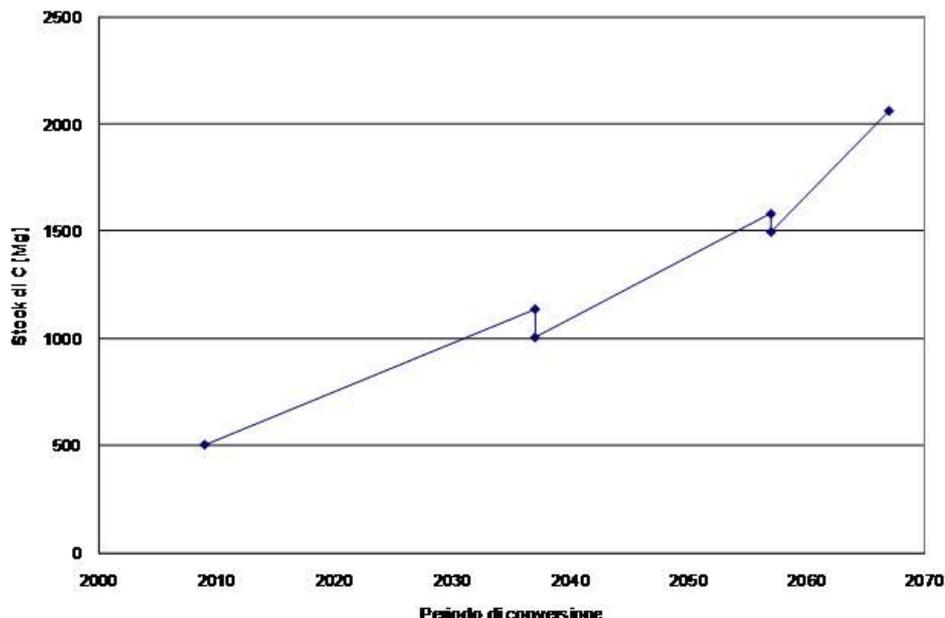
Per la quantificazione della CO<sub>2</sub> equivalente stoccata dal bosco di Monte Vairano è stata presa in considerazione solo la biomassa attuale del ceduo, e quella che sarà a fine trattamento considerando la parte ipogea ed epigea delle piante. Il volume del ceduo prima della conversione è pari a 95.8 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> mentre quello totale a fine conversione sarà di circa 400 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Tab. 7).

Attualmente è stato stimato un accumulo iniziale di circa 1849.17 Mg di CO<sub>2</sub> equivalente (504.32 Mg di carbonio) i quali, a seguito dell'intervento volontario di conversione di parte del ceduo in fustaia, tenderanno a raggiungere un valore pari a circa 7566.46 Mg (2063.58 Mg di carbonio) alla fine del periodo di conversione previsto per il 2067 (Tab. 8 - Fig. 1). Dalla differenza tra lo *stock* iniziale e finale si ottengono 5717.29 Mg di CO<sub>2</sub> equivalente (1559.26 Mg di carbonio) accumulata nel tempo.

Tab. 8 - Stock di carbonio durante il periodo di conversione del bosco ceduo.

Anno	Anni ceduo	V m <sup>3</sup> /ha	Ettari	Volume m <sup>3</sup>	LB [t.s.s.]	LB <sub>(R)</sub> [t.s.s.]	LB tot. [t.s.s.]	Carbonio [Mg]	CO <sub>2</sub> equiv. [Mg]
2009	-	95843	10	958.430	813.42	195.22	1008.64	504.32	1849.17
2017	20	-	-	-	-	-	-	-	-
2017	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2037	40	222709	10	2227.092	1890.13	385.00	2275.13	1137.57	4171.09
2037	-	196799	10	1967.991	1670.23	340.21	2010.44	1005.22	3685.81
2057	55	309877	10	3098.772	2629.93	535.68	3165.61	1582.81	5803.64
2057	-	293254	10	2932.540	2488.85	506.95	2995.80	1497.90	5492.3
2067	70	404001	10	4040.011	3428.76	698.40	4127.15	2063.58	7566.46

**Fig. 1** - Variazione dello stock di carbonio durante il periodo di conversione del ceduo.



### Discussione e Conclusioni

La stima delle emissioni prodotte per il VII Congresso SISEF ha dato come risultato un valore di 12 Mg di CO<sub>2</sub>. I tre interventi compensativi proposti tendono a compensare le emissioni prodotte, superando anche di molto le quantità emesse (Tab. 9). Pertanto, gli interventi proposti, non solo coprono, in termini di fissazione di carbonio, l'evento preso in considerazione, ma consentono di creare crediti di carbonio per il *surplus* generato. Vista la differente dimensione dei processi contrapposti che sono stati analizzati in questo lavoro, è plausibile pensare che attuando queste misure compensative, oltre ad indurre dei benefici nella mitigazione dei cambiamenti climatici, gli interventi forestali incideranno positivamente sulla tutela della biodiversità, sulla difesa idrogeologica, sulla conservazione del paesaggio e sulle molteplici funzioni e servizi del bosco a beneficio di tutta la comunità. Nel mitigare gli impatti derivanti dal congresso il gruppo di lavoro di EcoGeo-For ha preferito sviluppare tre interventi su piccola scala dislocati in zone differenti ma tutte sotto il controllo diretto dell'Università in modo da eseguire nel tempo un monitoraggio continuo e garantire l'impe-

gno preso. Infatti, un aspetto molto delicato della compensazione di emissioni di gas serra è la verificabilità e la rintracciabilità delle azioni mitiganti, oltre alla loro percezione da parte delle popolazioni locali. In tal modo l'Università potrà garantire il pieno controllo delle attività e la loro regolare realizzazione oltre ad una visibilità piena.

Tuttavia, il *surplus* di carbonio fissato, invece che costituire una risorsa utilizzabile nel mercato dei crediti di carbonio derivanti da interventi volontari compensativi, potrebbe essere utilizzato come fonte di energia elettrica o termica (impianto a biomasse o teleriscaldamento). La stessa sorte potrebbe toccare al materiale legnoso ritraibile dagli interventi di conversione del ceduo di Monte Vairano. In tal modo, sicuramente calerebbe l'efficienza degli interventi compensativi, ma allo stesso tempo si determinerebbe una riduzione nell'uso di carburanti fossili. Dato il vantaggio economico, questa seconda ipotesi avrebbe una ricaduta maggiore sull'amministrazione e, di conseguenza, una maggiore riproducibilità. Emerge, in ogni caso, la necessità di quantificare i prodotti legnosi, la destinazione (legna da ardere, legname da opera, ecc.), il ciclo di vita degli stessi e i

**Tab. 9** - Risultati degli stock di carbonio nel tempo degli interventi compensativi.

Interventi compensativi	Baseline [Mg C]	Future line [Mg C]	Stock accumulo [Mg C]	CO <sub>2</sub> equiv. [Mg]
Piantagione STAT	0.0082	10.293	10.28	37.69
Arboreto Capracotta	5.1	34.67	29.57	108.42
Conversione ceduo Monte Vairano	504.32	2063.58	1559.26	5717.29

costi di trasporto, in previsione di un possibile computo, nei periodi successivi al 2012, nel ruolo che l'intera filiera del legno potrà rivestire nell'ambito del bilancio complessivo del carbonio (Pilli et al. 2007).

La gestione diretta degli interventi compensativi da parte dell'Università evita l'effetto di *leakage*, poiché né sul Giardino della Flora Appenninica né sulle aree verdi del parcheggio del Dipartimento STAT gravano interessi per l'approvvigionamento di legname. Il Bosco di Monte Vairano, invece, è sotto la gestione dell'Università e nemmeno su di esso gravano interessi di approvvigionamento. Come già detto in precedenza, un alternativo uso energetico della biomassa accumulata in *surplus* non solo eviterebbe tale effetto, ma potrebbe ridurre la pressione sui boschi limitrofi.

L'impegno necessita comunque di una fase conoscitiva degli interventi e una fase di monitoraggio e riflessione sulle opzioni per incrementare le quantità di questi serbatoi o per aumentare la loro capacità di sequestro di carbonio contemporaneamente all'utilizzo di fonti energetiche alternative, come le biomasse legnose (Lasserre et al. 2006).

La flessibilità degli investimenti di carattere volontario consente ai diversi investitori pubblici e privati una maggiore gamma di interventi non essendo necessariamente soggetti alle limitazioni e regole imposte dal Protocollo di Kyoto (Ciccarese & Pettenella 2008). Tuttavia, nel processo è presente un elemento di incertezza. Infatti, l'attività d'acquisto e vendita degli interventi compensativi attualmente non è regolamentata, e pertanto, è molto *open territory* per le agenzie e gli individui con istinto pionieristico (Zaman & Chance 2008). Nel mettere in atto gli investimenti compensativi nel settore forestale, attraverso i progetti proposti dalle agenzie, si possono riscontrare dubbi e problemi legati all'attendibilità sull'effettivo stoccaggio della CO<sub>2</sub>, ma, soprattutto, sulla certezza che tali progetti rispettino i criteri d'addizionalità, permanenza degli effetti e d'assenza di *leakage*. Le perplessità nascono anche sulla compravendita dei crediti di carbonio, sul funzionamento dei *Carbon Brokers*, il quale risulta poco trasparente ma soprattutto poco conosciuto, e sulla creazione di un registro dove inventariare e monitorare gli interventi eseguiti (Mori 2009). In questo contesto in un impegno diretto da parte del responsabile delle emissioni nella neutralizzazione delle stesse favorisce la rintracciabilità e la monitorabilità degli interventi compensativi. In questi termini la garanzia che lo stesso ente sia responsabile delle emissioni e dei relativi in-

terventi di compensazione, se da un lato sembra essere maggiore, per via della responsabilità nei confronti delle popolazioni locali, dall'altro può suscitare dei dubbi sulla reale competenza in materia. Quest'ultima ipotesi, chiaramente non vale nei casi, come quello in esame, in cui il soggetto responsabile delle emissioni è un organismo con comprovata esperienza nella gestione delle risorse naturali.

Proprio per i problemi emersi, molte sono le situazioni in cui soggetti privati e pubblici tendono alla compensazione delle emissioni prodotte attraverso un intervento diretto sul territorio, portando benefici al territorio interessato e valore aggiunto all'azienda, e agli enti pubblici che ne attuano l'intervento.

Numerose sono le iniziative in tal contesto, soprattutto nel campo della forestazione per il raggiungimento degli obiettivi del protocollo di Kyoto. Un esempio concreto è il progetto realizzato da Federparchi, Kyoto Club e Legambiente, con il supporto tecnico di AzzerCO<sub>2</sub>, che si pone l'obiettivo di mettere a dimora nelle Aree Protette Italiane e Internazionali centinaia di migliaia di alberi che possano assorbire l'anidride carbonica e contrastare i cambiamenti climatici (<http://www.parchiperkyoto.it>).

Ad ogni modo, viste le prospettive future, in questa fase è opportuno indirizzare le azioni di ricerca verso la sperimentazione di sistemi selvicolturali e forme di trattamento che consentano la massimizzazione della capacità di fissazione di carbonio dei popolamenti forestali mentre, per i proprietari e le amministrazioni, è opportuno prepararsi ad un eventuale entrata in gioco, munendosi degli strumenti di pianificazione e certificazione disponibili (Scarfò & Mercurio 2009).

Compensare gli interventi addizionali di fissazione del carbonio, soprattutto quando questi sono realizzati in territori economicamente marginali, non è solo un principio di efficiente gestione del mercato, ma anche una scelta eticamente corretta, sempre che gli investimenti considerino anche requisiti di tutela ambientale e sociale (Peskett et al. 2006).

A questo si aggiunge la contemporanea programmazione di un evento responsabile di emissioni di gas serra e delle possibili misure intraprese per la sua compensazione. Il tutto diviene un processo iterativo e retroattivo. Le scelte operate in sede di organizzazione dell'evento saranno vagliate attraverso la consapevolezza che ad ogni azione dovrà corrispondere una "reazione uguale e contraria", rappresentata dallo sforzo di una sostenibile gestione delle risorse.

Il bilancio del carbonio può divenire una compo-

nente significativa nel cambiamento culturale richiesto, ma è importante mantenere la sua efficienza in un più ampio obiettivo da raggiungere e cioè la stabilizzazione della CO<sub>2</sub> nell'atmosfera. Anche se ogni individuo e istituzione dovesse decidere di compensare le proprie emissioni di anidride carbonica per alcune attività (ad esempio, viaggi, consumo di elettricità, condizionamento, ecc.) ciò potrebbe contribuire alla riduzione delle emissioni di carbonio, ma non obbligatoriamente a raggiungerne la stabilizzazione. Una gran parte delle emissioni di anidride carbonica delle attività e delle istituzioni è incorporata nei prodotti di consumo, l'energia di trasporto delle merci e servizi, le emissioni di carbonio sostenute per la produzione del nostro cibo, e le emissioni dallo smaltimento dei rifiuti. Spesso, infatti, queste emissioni non sono attribuite ad una particolare attività a causa della difficoltà intrinseca per il loro calcolo (Coulter et al. 2008).

Tali scelte, proprio dal punto di vista di un evento a impatto neutro sulle emissioni di gas in atmosfera, hanno guidato l'organizzazione del VII Congresso SISEF. Tale sforzo dimostra come, un'attenta gestione del proprio patrimonio naturale possa diventare occasione di investimento in eventi culturali che incentivano, divulgano, e promuovono una visione sostenibile nello sfruttamento delle risorse ambientali.

Il presente studio dimostra, inoltre, come a poche buone pratiche di gestione di tali risorse, cui si associano innumerevoli esternalità positive oltre la fissazione di carbonio, possa corrispondere un numero di eventi culturali maggiore di diversi ordini di grandezza.

## Bibliografia

- ANPA (2000). Le emissioni in atmosfera da trasporto stradale. Serie Stato dell'ambiente n.12/2000 (Saija S, Contaldi M, De Lauretis R, Ilacqua M, Liburdi R eds). Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, Unità Interdipartimentale Censimento delle Fonti di Emissione, Roma, pp. 98.
- Antoniotti GB (1950). Ricerche sperimentali di dendrometria e di auxometria. Coppini, Firenze.
- Bettelheim E (2008). Forest Carbon Credits in the EU ETS. In: "Greenhouse Gas Market Report 2008, Piecing Together a Comprehensive International Agreement for a Truly Global Carbon (Carnahan K ed). International Emissions Trading Association (IETA), Genève, Switzerland, pp. 63-66.
- Cancio O, Nocentini S (2004). Il bosco ceduo. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, pp. 721.
- Chirici G, Oriani A, Tognetti R, Garfi V, Chiavetta U, Lasserre B, Marchetti M (2009). Sperimentazione di un indice volumetrico per la stima speditiva dello stock di carbonio della vegetazione del sottobosco. Forest@ 6: 154-160. - doi: [10.3832/efor0577-006](https://doi.org/10.3832/efor0577-006)
- Ciccarese L, Pettenella D (2005). Il Protocollo di Kyoto. Quali possibilità per i gestori delle foreste italiane nel mercato delle quote? Sherwood 108: 5-9.
- Ciccarese L, Pettenella D (2008). Compensazione delle emissioni di gas-serra. Gli investimenti forestali di carattere volontario. Sherwood 147: 5-9.
- Coulter L, Canadell JG, Dhakal S (2008). Global Carbon Project - Carbon reductions and offsets. Earth system science partnership report No. 5. Global Carbon Project Report No. 6, Canberra, Australia, pp. 35.
- Federici S, Vitullo M, Tulipano S, De Lauretis R, Seufert G (2008). An approach to estimate carbon stocks change in forest carbon pools under the UNFCCC: the Italian case. iForest 1: 86-95. - doi: [10.3832/ifor0457-0010086](https://doi.org/10.3832/ifor0457-0010086)
- Garfi V, Marchetti M (2010). Tipi forestali e preforestali della regione Molise. Regione Molise, Campobasso (in corso di stampa).
- IFN (1985). Inventario forestale nazionale. Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, Direzione Generale per l'Economia Montana e per le Foreste - Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura (ISAF), Trento.
- IPCC (2003). Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. [online] URL: [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf\\_contents.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_contents.html)
- IPCC (2007). Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change (Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 996.
- Lasserre B, Tognetti R, Marchetti M (2006). Problematiche di inventariazione del carbonio nella biomassa forestale ipogea. Forest@ 3 (4): 542-554. - doi: [10.3832/efor0415-0030542](https://doi.org/10.3832/efor0415-0030542)
- Mori P (2009). Azzerare la CO<sub>2</sub> con gli alberi italiani? Ci interessa! Sherwood 155: 3.
- Peskett L, Luttrell C, Brown D (2006). Making voluntary carbon markets work better for the poor: the case of forestry offsets. Overseas Development Institute, London, pp. 6.
- Pettenella D, Zanchi G (2006). Inquadramento generale del protocollo di Kyoto. Opportunità e limiti per il settore forestale. In: "Stima del carbonio in foresta: metodologie ed aspetti normativi" (Pilli R, Anfodillo T, Dalla Valle E eds). Atti del "42° corso di Cultura in Ecologia", Università di

- Padova, pp. 161-183.
- Pilli R, Anfodillo T, Dalla Valle E (2007). L'applicazione del Protocollo di Kyoto nel settore forestale: il ruolo dello Stato e delle Regioni e le necessarie sinergie. *Forest@* 4 (2) 147-150. - doi: [10.3832/efor0460-004](https://doi.org/10.3832/efor0460-004)
- Scarfò F, Mercurio R (2009). Il calcolo dei crediti di carbonio: il modello CO2FIX v. 3.1 applicato ad una faggeta sotto *Forest Management* nel sud Italia. *Forest@* 6: 215-228. - doi: [10.3832/efor0587-006](https://doi.org/10.3832/efor0587-006)
- Tonolli S, Salvagni F (2007). InFoCarb - Inventario forestale del carbonio della provincia di Trento. Centro di Ecologia Alpina, Trento, pp. 1-176.
- Vitale S (2006). Accumulo di carbonio in una cerreta a farnetto su Montevairano. Tesi di primo livello, Università degli studi del Molise, Campobasso, pp. 68.
- Zaman P, Chance C (2008). The anatomy of a voluntary market offset. In "Greenhouse gas market report 2008". Piecing Together a Comprehensive International Agreement for a Truly Global Carbon (Kim Carnahan ed) International Emissions Trading Association (IETA), Genève, Switzerland, pp. 150-157.