

n. 5/2022



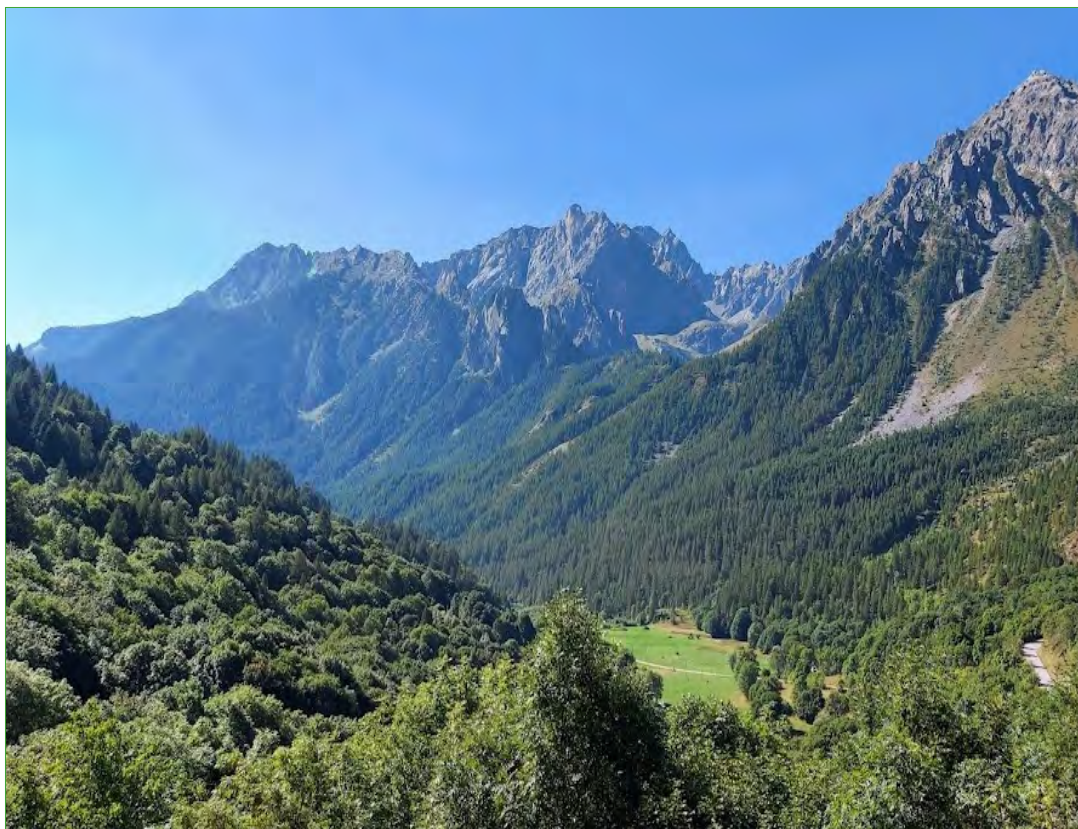
# L'ITALIA FORESTALE E MONTANA

RIVISTA DI POLITICA ECONOMIA E TECNICA

EDITA DALL'ACCADEMIA ITALIANA DI SCIENZE FORESTALI

Italian Journal of Forest and Mountain Environments  
published by the Italian Academy of Forest Sciences

FIRENZE - SETTEMBRE - OTTOBRE 2022 - ANNO LXXVII - NUMERO 5





L'ITALIA  
FORESTALE  
E MONTANA

RIVISTA DI POLITICA ECONOMIA E TECNICA

EDITA DALL'ACCADEMIA ITALIANA DI SCIENZE FORESTALI

Italian Journal of Forest and Mountain Environments

published by the Italian Academy of Forest Sciences

**FIRENZE - SETTEMBRE - OTTOBRE 2022 - ANNO LXXVII - N. 5**



**ACCADEMIA ITALIANA  
DI SCIENZE FORESTALI**

PIAZZA EDISON, 11 - 50133 FIRENZE  
Tel. 055 570348  
www.aisf.it - info@aisf.it

**CONSIGLIO**

**Presidente**

*Orazio Ciancio*

**Vice-Presidenti**

*Piermaria Corona, Susanna Nocentini*

**Segretario generale e Tesoriere**

*Susanna Nocentini*

**Bibliotecario**

*Andrea Battisti*

**Consiglieri**

*Raffaello Giannini, Francesco Iovino,  
Marco Marchetti, Augusto Marinelli,  
Giuseppe Scarascia Mugnozza*

**COLLEGIO DEI REVISORI DEI CONTI**

**Presidente**

*Fiammetta Terlizzi*

**Revisori effettivi**

*Paolo Gajo, Federico Maetzke*

**Revisori supplenti**

*Enrico Marchi, Andrea Tani*

In copertina:

Val Maira (CN)

(foto C. Lisa)

L'ITALIA FORESTALE E MONTANA ISSN 0021-2776  
Italian Journal of Forest and Mountain Environments

**Direttore responsabile / Editor in chief**

*Susanna Nocentini, Università di Firenze*

**Curatori / Associate editors**

*Giovanni Argenti, Università di Firenze; Andrea Battisti, Università di Padova; Giovanni Bovio, Accademia Italiana di Scienze Forestali; Giacomo Certini, Università di Firenze; Gherardo Chirici, Università di Firenze; Piermaria Corona, Università della Toscana; Nicoletta Ferrucci, Università di Firenze; Marco Fioravanti, Università di Firenze; Francesco Iovino, Università della Calabria; Federico Roggero, Università la Sapienza, Roma; Elena Paoletti, Consiglio Nazionale delle Ricerche; Federico Maetzke, Università di Palermo; Marco Marchetti, Università del Molise; Maurizio Marchi, Consiglio Nazionale delle Ricerche; Enrico Marchi, Università di Firenze; Enrico Marone, Università di Firenze; Christian Messier, University of Quebec (Canada); Paolo Nanni, Università di Firenze; Donatella Paffetti, Università di Firenze; Luigi Portoghesi, Università della Toscana; Giovanni Sanesi, Università di Bari; Federico Selvi, Università di Firenze; Davide Travaglini, Università di Firenze*

**Comitato scientifico / Editorial advisory board**

*Alberto Abrami, Accademia Italiana di Scienze Forestali; Mariagrazia Agrimi, Università della Toscana; Naldo Anselmi, Università di Firenze; Annemarie Bastrup-Birk, European Environmental Agency (Denmark); Marco Borghetti, Università della Basilicata; Filippo Brun, Università di Torino; Maria Giulia Cantiani, Università di Trento; Raffaele Cavalli, Università di Padova; Giancarlo Dalla Fontana, Università di Padova; Giovanbattista De Dato, FAO (Italia); Giovanni Di Matteo, FAO (Italia); Paolo De Angelis, Università della Toscana; Lorenzo Fattorini, Università di Siena; Agostino Ferrara, Università della Basilicata; Sara Franceschi, Università di Siena; Raffaello Giannini, Accademia Italiana di Scienze Forestali; Andrea Laschi, Università di Palermo; Federico Magnani, Università di Bologna; Augusto Marinelli, Accademia Italiana di Scienze Forestali; Luigi Masutti, Università di Padova; Giorgio Matteucci, Consiglio Nazionale delle Ricerche; Renzo Motta, Università di Torino; Antonino Nicolaci, Università della Calabria; Davide Pettenella, Università di Padova; Caterina Pisani, Università di Siena; Enrico Pompei, Direzione Generale Foreste, Ministero Politiche Agricole Alimentari e Forestali; Andrea R. Proto, Università Mediterranea di Reggio Calabria; Donato Romano, Università di Firenze; Giuseppe Scarascia Mugnozza, Università della Toscana; Roberto Scotti, Università di Sassari; Riccardo Valentini, Università della Toscana*

**Segreteria / Handling editor**

*Giovanna Puccioni, Accademia Italiana di Scienze Forestali*



## Storia del pensiero forestale e sperimentazione in selvicoltura in Italia

Orazio Ciancio

Presidente Accademia Italiana di Scienze Forestali.

La Stazione Sperimentale di Selvicoltura venne istituita nel 1922 come cattedra di ruolo annessa all'Istituto superiore agrario e forestale di Firenze. La sua fondazione si deve alla lungimiranza di Arrigo Serpieri che aveva voluto strutturare l'Istituto in una duplice veste, didattica per la preparazione dei tecnici forestali, e sperimentale e di ricerca per “provvedere alla migliore conoscenza e all'incremento della produzione forestale italiana”, come riporta la legge istitutiva (Gabbrielli, 2005).

Il CREA *Centro di ricerca foreste e legno* è una Istituzione che ha ripreso i principi che hanno caratterizzato gli studi, le tecniche e, soprattutto, lo spirito innovativo della Stazione Sperimentale di Selvicoltura fin dalla sua costituzione.

Aldo Pavari, primo direttore di tale istituzione, carica che tenne fino alla fine dei suoi giorni nel 1960, già nel 1916 pubblicò un lavoro innovativo ed estremamente interessante per la ricerca sulla produzione di legno dal titolo *Studio preliminare sulla coltura delle specie forestali esotiche in Italia*. Un lavoro le cui linee hanno portato all'applicazione di una serie di sperimentazioni i cui risultati sono stati illustrati nel 1941 in una pubblicazione insieme ad Alessandro De Philippis, di un altro im-

portante lavoro: *La sperimentazione di specie forestali esotiche in Italia. Risultati del primo ventennio*. Nel 1984 tre ricercatori dell'Istituto Sperimentale di Selvicoltura di Arezzo hanno pubblicato i risultati di tale sperimentazione dopo oltre sessant'anni (Ciancio, Mercurio e Nocentini, 1984). Bisogna inoltre ricordare che Aldo Pavari dal 1919 al 1922 è stato amministratore della Foresta demaniale di Val-lombrosa. Dal 1929 al 1943 insegnò Ecologia e Selvicoltura e dal 1944 Botanica forestale nella Facoltà di Firenze.

Nel 1938 egli scrisse di *Selvicoltura naturalistica e Selvicoltura autarchica* caratterizzate su basi ecologiche. Ma è necessario rilevare che per primo elaborò la concezione di *Arboricoltura da Legno* che successivamente fu adottata, e lo è ancora, nelle varie Regioni. Egli fornì inoltre gli elementi che caratterizzarono nel 1932 il *Governo e trattamento dei boschi* e nel 1956 i *Frangiventi*.

È emblematico del ruolo e dello sviluppo dell'allora Stazione Sperimentale di Selvicoltura che il primo direttore sia stato proprio Aldo Pavari, un grande Maestro che ha segnato la storia del pensiero forestale italiano e della sperimentazione in pieno campo di tutto il secolo

Relazione presentata alla manifestazione “Cento anni dalla fondazione della Regia Stazione Sperimentale di Selvicoltura: storia e attualità della ricerca forestale”, tenutasi ad Arezzo il 30 settembre 2022.

scorso e la cui eredità scientifica influenza ancora oggi gli studi, la ricerca, la sperimentazione e anche l'attività professionale, nel settore dell'ecologia forestale e della selvicoltura.

Dopo Aldo Pavari, in oltre sessanta anni, si sono avvicinati alla direzione, prima della Stazione e poi dell'Istituto, sei ricercatori che contribuirono allo sviluppo della ricerca in vari settori. Sono invece risultati vincitori al concorso di Direttore dell'Istituto gli illustri studiosi Riccardo Morandini e Francesco Iovino e l'attuale Direttore del Centro Foreste e Legno Piermaria Corona.

Tra questi è doveroso ricordare l'attività di Morandini, rinomato ricercatore e grande comunicatore, che per 23 anni ha diretto l'Istituto e inoltre, per lungo tempo ha svolto la carica di Vice Presidente della IUFRO. In questi anni egli fece conoscere al mondo l'attività di pensiero, di ricerca e di sperimentazione italiana e, al tempo stesso, riferì in Italia quello che si faceva all'estero in campo forestale. Tutti, italiani e non, devono essere riconoscenti per quanto egli con grande sacrificio ha svolto in favore del settore forestale.

#### EVOLUZIONE DEL PENSIERO FORESTALE IN ITALIA

Mentre in Europa, a partire dal diciannovesimo secolo, si affermavano le principali scuole forestali, quella tedesca di impronta economico-finanziaria e quella francese di indirizzo più naturalistico, anche in Italia prendeva piede la cultura forestale. Il primo corso di istruzione forestale in Italia ebbe inizio il 1° ottobre 1867 a Vallombrosa, e nel 1869 venne inaugurato il "Regio Istituto Forestale di Vallombrosa" (R.D. 4993 del 1869).

L'indirizzo seguito dalla Scuola italiana, dalla costituzione dell'Istituto Forestale di Vallombrosa fin verso la fine del primo conflitto

mondiale, risentì sia dell'influsso della Scuola economico finanziaria tedesca, sia di quello della Scuola naturalistica francese. A dire il vero inizialmente essa seguì l'indirizzo della Scuola tedesca e per questo fu accusata di subordinazione culturale e, soprattutto, di non aver preso nella giusta considerazione i problemi forestali italiani. In Italia i boschi presentavano, e tuttora presentano, una elevata varietà di situazioni compositive e strutturali e una alta e diffusa biodiversità. Ne consegue che ogni bosco ha caratteristiche uniche e, proprio per questo, la selvicoltura non può essere improntata da sistemi e metodi colturali elaborati in paesi con condizioni ambientali differenti.

A tal proposito Di Tella e Merendi nel 1922 osservavano che "l'affannosa ricerca di un metodo di ordinamento che lasciasse il più ampio campo di azione alla selvicoltura mantenendo intatti i principi di un oculato controllo tecnico e amministrativo e un conveniente tornaconto finanziario con una produzione annua e possibilmente costante, è andata gradatamente a concludersi con il riconoscimento dell'impossibilità di raggiungere soluzioni matematicamente perfette e della necessità di accontentarsi di soluzioni approssimate nelle quali la prudenza (come ben ci insegnano i modelli francesi) deve occupare il primissimo posto".

Agli inizi del XX secolo, sull'onda delle nuove conoscenze in biologia ed economia, l'asestamento forestale e la selvicoltura assunsero una nuova dimensione passando dalla concezione empirica a quella scientifica. I principi dell'economia della natura - allora gli economisti così indicavano la nascente ecologia - insieme a quelli della fitogeografia comparata, della fitosociologia e dell'analogia climatica e pedologica, furono assunti come base di studio del governo del bosco.

La Scuola fiorentina, principalmente per merito di Aldo Pavari e di Generoso Patrone,

avviò una serie di studi e di ricerche sperimentali sui sistemi e metodi colturali e sugli ordinamenti affermando la concezione italiana di selvicoltura basata su due fattori interconnessi tra loro:

- il primo legato alla necessità di conseguire nel più breve tempo possibile e con il minor dispendio di energia, lavoro e capitali, un prodotto annuo, massimo e pressoché costante;
- il secondo determinato dall'acquisizione e dall'applicazione delle nuove conoscenze in campo scientifico che prevedevano sia metodi colturali diversificati in relazione alle diverse condizioni ecologiche sia ordinamenti possibilmente semplici.

In quegli anni di profonda innovazione, i ricercatori si dedicarono con grande fervore alla messa a punto delle modalità tecniche ed economiche idonee a tradurre in pratica i concetti di questo nuovo modo di vedere il bosco. L'analisi tecnica fu ritenuta l'elemento cardine dello sviluppo del settore.

La Scuola di Vallombrosa nel tempo si distinse da quella tedesca e da quella francese proprio perché ben presto si capì che era necessario compiere un tentativo per trovare un punto di equilibrio tra le due concezioni di bosco che le animavano. Ogni bosco ha caratteristiche uniche e, proprio per questo, si doveva adottare una selvicoltura "eclettica".

Pertanto, non si generalizzò alcuna forma di governo e di trattamento; queste erano la risultante dello studio caso per caso, situazione per situazione. Si teorizzò il trattamento su piccole superfici. La scelta delle tecniche colturali era conseguente all'analisi dell'ambiente fisico, economico e culturale. In assestamento il metodo planimetrico, per semplicità e sicurezza applicativa, fu il preferito. Si ritenne più consono alla realtà dei nostri boschi. Prevalse la concezione sperimentale e

si tracciò un limite invalicabile: non procedere a sostanziali cambiamenti se prima non si fosse accertata la convenienza in termini colturali ed economici.

In questo quadro concettuale si svilupparono due linee di pensiero opposte che però si intersecavano nel punto focale della perpetuità e, di conseguenza, dell'economicità del bosco.

La prima linea è quella bioecologica e selvicolturale che si fonda sugli insegnamenti di Di Bèrenger e si realizza con gli studi di Perona e, soprattutto, di Aldo Pavari.

Pavari perseguì la linea della funzionalità biologica della foresta come presupposto insopprimibile e dominante di ogni attività selvicolturale, attraverso un intervento d'uso dei boschi razionale, ma al tempo stesso intensivo. Egli considerava l'applicazione rigorosa delle forme e delle tecniche selvicolturali come indispensabile per ottenere il massimo di funzionalità bioecologica del bosco. La sua insistenza per l'applicazione dei diradamenti e la sua esortazione a operare per il miglioramento produttivo dei boschi e per l'ampliamento della superficie boscata presupponeva forme colturali tese a conseguire un'alta produzione e un uso del bosco correlato ai bisogni dell'uomo.

Come lui anche Lucio Susmel (1964; 1986) aveva una visione della foresta e della selvicoltura nettamente naturalistica. E a conferma di tale indirizzo individuò la necessità di coltivare boschi che risultassero autosufficienti e in equilibrio con l'ambiente. A questa posizione ispirò tutta la sua azione di studio e ricerca, denunciando i guasti dell'eccesso di artificialità.

La seconda linea, quella economica, che cercava di dare una interpretazione matematica del bosco, trovò i suoi fondamenti negli scritti di Francesco Piccioli e si concretò negli studi teorici e pratici di Giuseppe Di Tella e di Generoso Patrone, proseguiti poi da Mario Cantiani e Bernardo Hellrigl.

Patrone, seguendo le orme di Di Tella da un lato e di Arrigo Serpieri dall'altro, prese posizione e teorizzò l'ordinamento regolare, privilegiando la linea economica come base di un ordine generale di valore universale. Egli (1980) cercò di unificare le due concezioni nel momento economico: un bosco produttivo assicura tutte le altre funzioni.

Sebbene Patrone dichiarò esplicitamente la sua predilezione per la selvicoltura classica - peraltro tutta la sua opera, vasta e importante, è incentrata su questa concezione - intuisce che c'è qualcosa non del tutto convincente nel voler categorizzare il bosco e la selvicoltura secondo schemi rigidi e scolastici, come si evince dalle Stravaganza terza e quarta (Patrone, 1979; 1980).

Alessandro De Philippis (1967) assunse una posizione che può definirsi intermedia: da un lato concordò sull'opportunità di una selvicoltura che tenesse conto dei rapporti bosco ambiente - la "selvicoltura su basi ecologiche", dall'altro pragmaticamente indicò nel bosco coetaneo i punti di contatto necessari per ricercare la continuità della coltura e per conseguire l'efficienza funzionale. Egli sostenne che le due vie non si escludevano, né erano necessariamente in contrapposto.

Gli anni sessanta segnarono un'altra svolta. Ci si riferisce all'enunciazione da parte di Mario Cantiani del metodo colturale (1963; 1986). Questo, che parte dal metodo del controllo di Gurnaud e di Biolley, ha avuto una rapida diffusione e applicazione per la sua semplicità e flessibilità. Infatti, si lascia ampia libertà all'operatore di scegliere gli interventi colturali caso per caso, situazione per situazione. Nella prima fase di applicazione si prescinde dallo studio del bosco normale e dalla predeterminazione della ripresa.

Si può affermare che queste due linee di pensiero coincidono con quella che si può definire la selvicoltura classica: cioè quella selvi-

coltura che è stata, ed è, la base culturale, conseguita nel tempo attraverso studi e ricerche sperimentali, ma che invero non ha trovato larga applicazione tranne che nelle regioni ad alta tradizione forestale. Altrove o non è stata presa in considerazione o è stata messa in atto solo in casi sporadici. Ma le conoscenze ancora non consentivano di effettuare quel salto di qualità necessario per riorientare il pensiero forestale. I tempi ancora non erano maturi.

#### DAL VECCHIO PARADIGMA SCIENTIFICO ALLA VISIONE SISTEMICA E I DIRITTI DEL BOSCO

Sul piano scientifico, la ricerca ha cercato di dimostrare che il bosco può e deve essere compreso solo con un'ottica riduzionistica. Il sapere forestale è stato definito e accettato dalla comunità scientifica in base a concetti, principi, teorie, proposizioni, tecniche che fanno riferimento e si connettono a questo paradigma. La scomposizione in parti e comparti ha rappresentato un metodo di lavoro. La ricerca e la sperimentazione si basavano, e in parte ancora continuano a basarsi, sulla convinzione che il *comportamento dell'intero* si possa dedurre da quello dei *singoli componenti*.

È giusto porre in evidenza come tale archetipo paradigmatico o metodo induttivo abbia permesso alla ricerca forestale di ottenere risultati di notevole efficacia sul piano tecnico. Inoltre, l'impiego di tecnologia d'avanguardia ha permesso di meglio conoscere i singoli componenti del bosco, procurando attendibilità laddove nella sperimentazione c'era indeterminazione. Ma, al tempo stesso, sul piano conoscitivo e scientifico la metodologia induttiva ha incapsulato il sapere forestale; ha frenato l'evoluzione del pensiero; ha limitato la ricerca teorica.

Negli ultimi decenni si è avuta una inversione di tendenza: oggi si sta facendo strada



la concezione del bosco sempre meno come risorsa in grado di fornire elevati redditi, quasi una macchina per produrre legno, e sempre più elemento portante di valori ambientali e culturali. Da un lato si riconferma l'esigenza di conservare il bosco per le generazioni future, attraverso la *gestione forestale sostenibile*, e dall'altro nasce e si sviluppa la *visione sistemica del bosco*.

Sul piano scientifico si è percepito, poi si è compreso e riconosciuto che la scolastica di ispirazione tecnicistica e specialistica ha edificato schemi inadeguati a leggere la complessità del bosco. Questo ha portato a un cambiamento del paradigma scientifico. Il nuovo paradigma si basa sul concetto di intersoggettività della scienza, in cui le descrizioni dei fenomeni sono dipendenti dall'osservatore. La metafora della conoscenza è quella della rete di rapporti e il processo di conoscenza si fonda sulla *cultura della complessità* e sulla *visione sistemica*. L'approccio sperimentale è quello *olistico* o *ecocentrico*. Sul piano tecnico si procede con il metodo per *tentativi ed eliminazione degli errori*, cioè per approssimazioni successive.

Questo cambiamento di paradigma ha portato alla definizione della *silvosistemica* (Ciancio e Nocentini, 1997; Ciancio, 2002; 2020), cioè una nuova visione forestale che consente di ampliare lo spettro dei valori in gioco e di basare la sostenibilità degli interventi sul *valore intrinseco* delle foreste. Il bosco non è più visto come un semplice insieme di alberi, ma come un *sistema biologico complesso*, e l'uomo, in quanto componente essenziale del sistema, può intervenire entro i limiti di funzionalità del sistema stesso, senza ridurne la complessità e la diversità.

La cultura della complessità presuppone il superamento del formalismo e settorialismo accademico e della conseguente parcellizzazione del sapere; sottende la ricomposizione delle conoscenze in un tutto organico; implica lo studio e l'esegesi dei sistemi non lineari.

Da tutto ciò consegue che nell'uso del bosco il *principio etico* deve mutare rispetto a quello attuale, fondato su una visione antropocentrica del rapporto con la natura, per passare al riconoscimento dei "diritti del bosco" (Ciancio e Nocentini, 1997) attribuendogli così *valore intrinseco*.

La cultura occidentale tradizionalmente ha attribuito alla natura *valore strumentale*. Il *valore strumentale* è relativo alle necessità umane; il *valore intrinseco* è indipendente dalle esigenze umane. Oggi molti ritengono che dalla concezione di *valore delle cose* si debba passare a quella di *valore nelle cose*, soprattutto quando si fa riferimento alle comunità biotiche.

Così il bosco non si può più considerare un bene strumentale, ovvero un *oggetto* da piegare ai voleri e agli interessi umani, ma, al contrario, una entità che ha valore in sé, e di conseguenza il comportamento nei suoi riguardi deve essere di rispetto e non più di sfruttamento, ponendo problemi di natura etica che solo la conoscenza unita alla saggezza possono aiutarci a risolvere.

#### LE NUOVE FRONTIERE DELLA SPERIMENTAZIONE IN SELVICOLTURA

L'attività dell'Istituto sperimentale di Selvicoltura e successivamente del Centro di ricerca Foreste e Legno del CREA, ha dato e continua a dare un forte impulso alla sperimentazione e alla ricerca in campo partendo dalle principali linee scientifiche già tracciate da Aldo Pavari. Ha fornito risultati di grande interesse operativo, basti pensare per esempio all'individuazione delle specie esotiche di maggiore interesse per l'arboricoltura da legno e la selvicoltura, la messa a punto di tecniche colturali per la gestione dei boschi cedui, in tutte le loro varie sfaccettature, gli studi di genetica forestale con la selezione delle provenienze di molte importanti specie forestali, la sperimentazione di diverse tecniche

selviculturali per i boschi dell'Appennino, e molto altro ancora. A queste si affianca attualmente l'utilizzo di tecnologie d'avanguardia.

La sfida oggi è come trasferire sul piano sperimentale la nuova visione del bosco prima prospettata. Questo è indispensabile per mettere alla prova le nuove teorie, ipotesi e deduzioni che si stanno affermando sul piano concettuale. Da qui derivano le nuove frontiere della scienza e della ricerca forestale.

#### BIBLIOGRAFIA

- Cantiani M., 1963 - *Sviluppi del metodo culturale nell'asestamento forestale*. L'Italia Forestale e Montana, 18 (1): 46-48.
- Cantiani M., 1986 - *La determinazione dello stato normale*. In: Nuove metodologie nella elaborazione dei piani di assestamento dei boschi. ISEA, Bologna.
- Ciancio O., 2002 - *Teoria della gestione sostenibile delle risorse ambientali e forestali*. In: Linee guida per la gestione sostenibile delle risorse forestali e pastorali nei Parchi Nazionali, a cura di O. Ciancio *et al.* Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, 2002, p. 13-46.
- Ciancio, O., 2020 - *Biodiversità, silvosistemica e gestione forestale*. L'Italia Forestale E Montana, 75 (1): 3-10.
- Ciancio O. e Nocentini S., 1996 - *Il paradigma scientifico, la "buona selvicoltura" e la saggezza del forestale*. In: Il bosco e l'uomo (a cura di Orazio Ciancio). Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, p. 259-270.
- Ciancio O., Mercurio R., Nocentini S., 1981 - *Le specie forestali esotiche e le relazioni tra arboricoltura da legno e Selvicoltura*. Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, vol. 12: 1-103.
- De Philippis A., 1967 - *La selvicoltura di fronte al crescente fabbisogno di prodotti legnosi*. L'Italia Forestale e Montana, 22 (3): 140-151.
- Gabbrielli A. 2005 - *Sulle orme della cultura forestale: i maestri*. Accademia italiana di scienze forestali, 119 p.
- Patrone G., 1979 - *Stravaganza terza; la fustaia da diradare: realtà o fantasma?* Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, vol. 28: 267-306.
- Patrone G., 1980 - *Stravaganza quarta: la preminenza dell'economia sull'assestamento e la selvicoltura*. L'Italia Forestale e Montana, 35 (3): 116-125.
- Susmel L., 1964 - *Piano culturale della foresta demaniale di Collina (Pistoia)*. Annali del C.E.M.V., Vol. 4, CEDAM, Padova.
- Susmel L., 1986 - *Prodromi di una nuova selvicoltura*. Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, vol. 35: 33-51.



## Impact of ground-level ozone on Italian forests: application of innovative monitoring methodologies in the forest

### Impatto dell'ozono troposferico sulle foreste italiane: applicazione di metodologie innovative per il monitoraggio in foresta

Jacopo Manzini <sup>(a)(b)(\*)</sup> - Yasutomo Hoshika <sup>(a)</sup> - Barbara Baesso Moura <sup>(a)(b)</sup> - Elena Paoletti <sup>(a)</sup>

<sup>(a)</sup> Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri (IRET), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Via Madonna del Piano 10, 50019 Sesto Fiorentino, Italia.

<sup>(b)</sup> DAGRI, Università degli Studi di Firenze, Piazzale delle Cascine 18, 50144 Firenze, Italia.

<sup>(\*)</sup> Corresponding Author; jacopo.manzini@iret.cnr.it

**Abstract:** Ground-level ozone ( $O_3$ ) is one of the main atmospheric pollutants and can cause serious damage to forest ecosystems due to its high phytotoxic effect. Therefore,  $O_3$  forest monitoring is crucial to study its harmful effect on vegetation and establish new critical levels for the forest protection. Results of the application of innovative active monitoring stations in the forest, installed as part of the European project LIFE MOTTLES (MONitoring ozone injury for seTTing new critical LEvels) are shown. The experimental areas were selected within the CON.ECO.FOR network, where two different cumulative indices based on exposure to  $O_3$  in the atmosphere (AOT40) and on the stomatal flow of  $O_3$  ( $POD_v$ ) were estimated. These metrics were correlated with forest health indicators such as visible foliar injury and crown defoliation assessed both inside the plot (ITP) and along the forest edge (LESS), to derive exposure-based (CLec) and flow-based (CLef) critical levels. Results suggest CLec and CLef of 17,000 and 19,000 ppb h AOT40 and 12 and 5 mmol m<sup>-2</sup>  $POD_1$ , respectively, for coniferous and broadleaved species. Active monitoring system allows to assess and steadily updates critical levels and legislative standards for the forests protection. Moreover, an active monitoring system resulted also more sustainable from an environmental, economic and social point of view in the long period than a traditional passive one.

**Key words:** tropospheric ozone; forest monitoring; phytotoxic ozone dose; forest health indicators.

**Citation:** Manzini J., Hoshika Y., Moura B.B., Paoletti E., 2022 - *Impatto dell'ozono troposferico sulle foreste italiane: applicazione di metodologie innovative per il monitoraggio in foresta*. L'Italia Forestale e Montana, 77 (5): 185-195. <https://dx.doi.org/10.36253/lifm-1078>

**Received:** 28/10/2022 **Revised version:** 09/11/2022 **Published online:** 02/12/2022

#### 1. INTRODUZIONE

L'ozono ( $O_3$ ) è un gas che può trovarsi sia nei livelli più alti dell'atmosfera come naturale componente della stratosfera, dove riveste un

ruolo benefico schermando e assorbendo le radiazioni ultraviolette ad alta energia, che nel sottostante livello troposferico (Saitanis *et al.*, 2020). L' $O_3$  troposferico, principale componente dello *smog fotochimico* (Yasmen e Sinan,

2012), è, invece, un inquinante secondario che si origina a causa dell'interazione fra radiazioni solari e precursori quali ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), idrocarburi organici volatili (VOC) di origine antropica o naturale, e monossido di carbonio (CO), provenienti principalmente dalla combustione di fonti fossili (Paoletti, 2007; Karmakar *et al.*, 2022). L'O<sub>3</sub> è, inoltre, un gas ad effetto serra (Ainsworth *et al.*, 2012) e i fenomeni associati ai cambiamenti climatici, quali il rilevante aumento della temperatura e dell'irraggiamento, non fanno altro che promuovere l'incremento delle concentrazioni atmosferiche di questo inquinante, in presenza dei suoi precursori (Lorenzini *et al.*, 1995; Paoletti *et al.*, 2005; Paoletti 2006 e 2007). L'O<sub>3</sub> costituisce, pertanto, uno dei maggiori problemi di qualità dell'aria nelle aree urbane e periurbane ma desta forte preoccupazione anche per il suo comprovato effetto nocivo sulla vegetazione forestale. Data la facilità di spostamento dei suoi precursori verso le aree rurali (Paoletti, 2007; Sicard *et al.*, 2013), può provocare, infatti, ingenti danni anche alle foreste andando ad inficiarne importanti servizi ecosistemici quali lo stoccaggio del carbonio atmosferico e la conservazione della biodiversità (Sicard *et al.*, 2017 e 2020; Agathokleous *et al.*, 2020). Penetrando all'interno delle foglie, attraverso i processi di scambi gassosi che regolano la fotosintesi e la traspirazione, l'O<sub>3</sub> determina tipiche clorosi, bronzature e necrosi internervali che si formano in seguito all'ossidazione dei tessuti vegetali (Calatayud *et al.*, 2007; Paoletti *et al.*, 2009; Moura *et al.*, 2018). La sua azione fitotossica comporta la riduzione dell'attività fotosintetica e l'alterazione della fisiologia stomatica (Hoshika *et al.*, 2017 e 2020) con una conseguente riduzione della crescita (Proietti *et al.*, 2016) e della produttività (Li *et al.*, 2018; Mills *et al.*, 2018) con potenziali perdite economiche stimate per le foreste italiane fra 31,6 e 57,1 milioni di € all'anno (Sacchelli *et al.*, 2021).

Pertanto, per proteggere il nostro patrimonio boschivo, già a partire dal 1985 è stato lanciato il programma di monitoraggio della deposizione di inquinanti atmosferici sulla vegetazione forestale (ICP Forests) nell'ambito della Convenzione sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a grande distanza (CLRTAP) della Commissione economica per l'Europa delle Nazioni Unite (UNECE) in risposta all'ampia preoccupazione, da parte di opinione pubblica e politica, per i vasti danni alle foreste che erano stati osservati in Europa ad inizio anni '80. Il monitoraggio della qualità dell'aria in foresta permette, infatti, di conoscere le concentrazioni di inquinanti nell'atmosfera, di quantificarne gli effetti negativi sugli alberi e di valutare l'efficacia delle precauzioni legislative adottate. In Italia, il programma CON.ECO.FOR svolge le attività della rete ICP Forests sotto l'egida dell'Arma dei Carabinieri (Comando Unità Forestali, Ambientali e Agroalimentari - CUFAA).

Le attuali direttive europee per la protezione delle foreste dall'O<sub>3</sub> (EU Directive 2008/50/EC) si basano sull'indice AOT40, la sommatoria delle concentrazioni orarie di O<sub>3</sub> eccedenti i 40 ppb nelle ore di luce (8-20) durante la stagione vegetativa. Tuttavia, gli effetti dell'O<sub>3</sub> sulla vegetazione non dipendono solo dalle concentrazioni atmosferiche, ma derivano principalmente dal suo assorbimento attraverso gli stomi (Musselman *et al.*, 2006; Anav *et al.*, 2016). Tenendo conto di ciò, negli ultimi anni, l'Unione Europea, supportata dal CLRTAP, si è mossa verso il POD<sub>y</sub>, un nuovo indice definito come il flusso di O<sub>3</sub> accumulato che entra nelle foglie attraverso gli stomi, oltre una soglia Y di detossificazione.

Il progetto MOTTLES (MONitoring ozone injury for seTTing new critical LEvelS - LIFE15 ENV/IT/000183) promosso dal programma LIFE, lo strumento di finanziamento dell'Unione Europea attivo dal 1992 per azio-

ni sull'ambiente ed il clima, ha realizzato una nuova rete di monitoraggio forestale in tre paesi Europei quali Italia, Francia e Romania dove, grazie all'installazione di innovative stazioni di rilevamento in campo aperto (*Open field* - OFD), è stato possibile effettuare una precisa valutazione del flusso stomatico di  $O_3$  con l'obiettivo di definire nuovi standard legislativi biologicamente significativi basati sul  $POD_Y$ . Durante il corso del progetto sono stati, infatti, monitorati e messi in correlazione con AOT40 e  $POD_Y$ , i principali indicatori dei danni da  $O_3$  sulla vegetazione (danni visibili fogliari, defoliazione della chioma e crescita radiale) sia all'interno della foresta (*In The Plot* - ITP) che lungo un sito di campionamento esposto alla luce (*Light Exposed Sampling Site* - LESS).

L'obiettivo del presente lavoro è quello di descrivere le innovative metodologie di monitoraggio messe in atto e riportare i risultati ottenuti relativi a: i) correlazione fra AOT40 e  $POD_1$  con indicatori di salute forestale; ii) definizione dei livelli critici, per conifere e latifoglie, basati sia sull'esposizione all' $O_3$  che sul suo flusso stomatico; iii) valutazione della sostenibilità del monitoraggio attivo rispetto a quello tradizionale passivo.

## 2. OBIETTIVI DEL PROGETTO E METODOLOGIE IMPIEGATE

Per l'Italia sono stati selezionati 9 siti forestali (Tabella 1) corrispondenti a 3 aree biogeografiche (alpina, continentale e mediterranea) e caratterizzati dalla presenza di popolamenti forestali che spaziano dalle sclerofille mediterranee di Castelporziano alle peccete alpine del Trentino. Le specie dominanti (6 in tutto, 4 latifoglie e 2 conifere) sono le specie arboree più abbondanti in ciascun sito e ne rappresentano il tipo di foresta.

Il progetto MOTTLES si è posto come scopo quello di mettere a punto un'originale strategia di monitoraggio dell' $O_3$  al fine di stimare nuovi livelli critici scientificamente validi e più adatti alla protezione delle foreste europee ed italiane in uno scenario di cambiamento climatico. In primo luogo, un punto di forte innovazione apportato da MOTTLES è stato quello di misurare le concentrazioni di  $O_3$  non con i tradizionali sensori passivi che forniscono valori cumulati ogni 2-3 settimane, ma in *real-time* grazie a sensori attivi, posti in OFD in prossimità dei siti forestali selezionati, riuscendo a registrare dati in continuo con cadenza oraria, per 365 giorni all'anno. In aggiunta, ogni stazione OFD, alimentata grazie a pannelli solari o alla rete elettrica, è stata equipaggiata con sensori, installati a 2 metri dal suolo, in grado di misurare le variabili meteorologiche quali: temperatura e pressione dell'aria, velocità del vento, umidità relativa, radiazione solare e quantità di piovge. Nell'ITP, distante mediamente 600 m dall'OFD, è stata registrata, invece, l'umidità del suolo con sensori posti a 10 cm di profondità e a 1 m di distanza dai tronchi degli alberi.

Le concentrazioni di  $O_3$  registrate in tempo reale combinate con i parametri fisici e meteorologici misurati hanno permesso di calcolare sia l'AOT40 che il  $POD_Y$  (Tabella 2).

L'AOT40 (*Accumulated exposure Over Threshold of 40 ppb*) si basa sulle concentrazioni di  $O_3$  presenti nell'aria ed eccedenti le 40 ppb durante le ore di luce con radiazione solare maggiore di  $50 \text{ Wm}^{-2}$  ed è definito dalla seguente formula:

$$AOT40 \text{ (ppb} \cdot \text{h)} = \sum_{i=1}^n \max([O_3]_i - 40, 0)$$

Questo indice risulta essere limitato dal fatto che non può considerare differenze specie-specifiche, tipologie forestali, condizioni del sito e non tiene conto dei processi fisici,

Tabella 1 - Caratteristiche dei siti forestali italiani coinvolti nel progetto MOTTLES.

Sito	Codice	Coordinate	Altitudine	Specie dominante	Aree biogeografiche
Selva Piana	ABR1	41.86064 N - 13.57482 E	1500	<i>Fagus sylvatica</i>	alpino
Castelporziano	CPZ1	41.70423 N - 12.35719 E	0	<i>Quercus ilex</i>	mediterraneo
Castelporziano	CPZ2	41.70429 N - 12.35732 E	0	<i>Phyllirea latifolia</i>	mediterraneo
Castelporziano	CPZ3	41.68068 N - 12.39084 E	0	<i>Pinus pinea</i>	mediterraneo
Carrega	EMI1	44.71998 N - 10.20345 E	200	<i>Quercus petraea</i>	continentale
Acquapendente	LAZ1	42.82746 N - 11.89817 E	690	<i>Quercus cerris</i>	mediterraneo
Val Sessera	PIE1	45.68374 N - 8.06994 E	1150	<i>Fagus sylvatica</i>	alpino
Passo Lavazè	TRE1	46.35825 N - 11.49405 E	1800	<i>Picea abies</i>	alpino
Pian Cansiglio	VEN1	46.06335 N - 12.38810 E	1100	<i>Fagus sylvatica</i>	alpino

Tabella 2 - Valori medi  $\pm$  deviazione standard registrati nei 9 siti forestali italiani e relativi a temperatura oraria (T), umidità relativa oraria (RH), deficit pressione di vapore orario (VPD), radiazione fotosinteticamente attiva oraria (PAR), contenuto idrico del suolo orario (SWC), pioggia annua, concentrazione giornaliera di O<sub>3</sub>, POD<sub>1</sub> annuo e AOT40 annua. I dati riportati si riferiscono al periodo 2018-2021.

Sito	T (°C)	RH (%)	VPD (kPa)	PAR ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	SWC (%)	Pioggia (mm)	O <sub>3</sub> (nmol mol <sup>-1</sup> )	POD <sub>1</sub> (mmol m <sup>-2</sup> )	AOT40 (ppb h)
ABR1	7,42 $\pm$ 0,25	0,78 $\pm$ 0,04	0,27 $\pm$ 0,03	365,73 $\pm$ 15,90	29,33 $\pm$ 3,16	991,58 $\pm$ 319,6	51,60 $\pm$ 5,19	10,5 $\pm$ 5,3	32174 $\pm$ 11044
CPZ1	16,07 $\pm$ 0,20	0,79 $\pm$ 0,01	0,43 $\pm$ 0,05	400,36 $\pm$ 20,17	13,72 $\pm$ 1,17	723,64 $\pm$ 198,1	31,38 $\pm$ 3,09	8,0 $\pm$ 3,0	28371 $\pm$ 7708
CPZ2	16,07 $\pm$ 0,20	0,79 $\pm$ 0,01	0,43 $\pm$ 0,05	400,36 $\pm$ 20,17	13,72 $\pm$ 1,17	723,64 $\pm$ 198,1	31,38 $\pm$ 3,09	2,5 $\pm$ 1,2	28371 $\pm$ 7708
CPZ3	16,07 $\pm$ 0,20	0,79 $\pm$ 0,01	0,43 $\pm$ 0,05	400,36 $\pm$ 20,17	18,35 $\pm$ 2,15	732,14 $\pm$ 182,1	31,38 $\pm$ 3,09	10,3 $\pm$ 5,6	28371 $\pm$ 7708
EMI1	12,19 $\pm$ 1,59	0,75 $\pm$ 0,02	0,43 $\pm$ 0,08	299,82 $\pm$ 6,39	15,69 $\pm$ 0,38	871,34 $\pm$ 169,6	34,88 $\pm$ 3,62	13,0 $\pm$ 3,7	26542 $\pm$ 5715
LAZ1	13,30 $\pm$ 0,19	0,75 $\pm$ 0,03	0,47 $\pm$ 0,08	358,78 $\pm$ 10,04	18,02 $\pm$ 0,80	1460,25 $\pm$ 747,5	44,93 $\pm$ 3,55	11,4 $\pm$ 1,9	24222 $\pm$ 5233
PIE1	7,72 $\pm$ 1,39	0,75 $\pm$ 0,03	0,28 $\pm$ 0,02	294,72 $\pm$ 6,64	28,41 $\pm$ 3,67	1965,60 $\pm$ 783,9	49,40 $\pm$ 1,88	17,8 $\pm$ 3,4	25199 $\pm$ 5555
TRE1	4,76 $\pm$ 0,62	0,71 $\pm$ 0,02	0,27 $\pm$ 0,03	341,57 $\pm$ 19,77	40,02 $\pm$ 10,72	884,53 $\pm$ 219,0	45,47 $\pm$ 5,99	29,8 $\pm$ 3,4	25295 $\pm$ 19121
VEN1	7,23 $\pm$ 0,52	0,87 $\pm$ 0,02	0,16 $\pm$ 0,05	315,87 $\pm$ 8,13	40,40 $\pm$ 1,10	1953,18 $\pm$ 389,3	34,15 $\pm$ 2,37	25,5 $\pm$ 2,8	20750 $\pm$ 3213

biologici e meteorologici che controllano il passaggio dell'O<sub>3</sub> dall'atmosfera al mesofillo fogliare. Il POD<sub>Y</sub>, invece, integra gli effetti di molteplici fattori climatici e caratteristiche della vegetazione sull'assorbimento di O<sub>3</sub>. POD<sub>Y</sub> (*Phytotoxic Ozone Dose*, espresso in mmol m<sup>-2</sup>) è stato calcolato grazie ai dati orari come:

$$POD_Y = \int_{i=1}^n [((gsto \times [O_3]) - Y), 0] dt$$

dove gsto è la conduttanza stomatica effettiva stimata tramite il modello DO<sub>3</sub>SE che, come raccomandato dal manuale CLRTAP (2017), tiene conto di conduttanza stomatica massima e minima, fenologia, temperatura, luce, deficit di pressione di vapore (VPD) e contenuto idrico del terreno (SWC), il quale si è rivelato un parametro essenziale nella stima del POD<sub>Y</sub>, in particolare per gli ambienti caratterizzati da elevati periodi siccitosi. [O<sub>3</sub>] è, invece, la concentrazione oraria di O<sub>3</sub> (espressa in ppb) mentre dt viene posto uguale ad 1 ora. POD<sub>Y</sub> è accumulato lungo la stagione vegetativa, tradizionalmente dal 1° aprile al 30 settembre, dalle 8 alle 20, come raccomandato dalla Direttiva CE sulla qualità dell'aria. Nell'ambito del progetto MOTTLES è stato, tuttavia, aggiunto un ulteriore livello di dettaglio prendendo in considerazione per la stima del POD<sub>Y</sub> proprio il periodo intercorso fra l'entrata e l'uscita dall'attività vegetativa.

Gli indicatori di salute forestale, valutati annualmente nel periodo fine agosto-inizio settembre da un team composto da due esperti appositamente formati, sono i danni visibili fogliari e la defogliazione della chioma. Molte specie vegetali rispondono, infatti, all'inquinamento da O<sub>3</sub> manifestando lesioni fogliari tipiche, non causate da altri fattori di stress abiotico o biotico, che possono essere rapidamente diagnosticate sul campo (Figura 1).

Le conifere, ad esempio, sviluppano macchie clorotiche che nei casi più gravi possono degenerare in necrosi mentre le latifoglie



Figura 1 - Sintomi visibili fogliari osservati su *Fagus sylvatica* durante i rilievi 2021 nel sito PIE1.

sviluppano una vasta gamma di sintomi che interessano le aree internervali soprattutto sulla superficie adassiale della foglia. Il campionamento è stato condotto nell'ITP sulle specie arboree dominanti (sugli stessi 5 alberi selezionati all'inizio del progetto) e nel LESS (Figura 2) su tutte le specie legnose seguendo i protocolli di valutazione proposti dall'ICP Forests. Per quanto riguarda il LESS, seguendo la definizione del manuale ICP Forests, è stata stabilita una lunghezza di 50 metri che si delinea lungo il bordo forestale attorno alla stazione OFD. Dopo aver determinato il punto di inizio e di fine del LESS, la superficie è stata suddivisa in 25 aree adiacenti e non sovrapposte di 2 metri quadrati ciascuna, escludendo casualmente dal campionamento cinque riquadri come suggerito da Schaub *et al.* (2016).

La defogliazione della chioma è stata stimata visivamente su 20 alberi selezionati nell'ITP (Figura 3), ed esprime la perdita di foglie/ aghi di un albero rispetto ad un albero di ri-



Figura 2 - Valutazione di sintomi visibili fogliari all'interno del LESS (sito TRE1 anno 2021).

ferimento della stessa specie con chioma compatta, identificabile nelle immediate vicinanze del sito di campionamento o su un'immagine fotografica. La chioma valutabile comprende solo quelle parti che non sono influenzate dall'ombreggiatura del fogliame di altri alberi adiacenti e l'intensità di defogliazione è stata registrata con incrementi del 5% secondo quanto riportato nel protocollo ICP Forests.

Infine, è stata valutata la sostenibilità del monitoraggio attivo rispetto a quello passivo tramite l'analisi del ciclo di vita (*Life Cycle Analysis - LCA*) di entrambi i sistemi prendendo in considerazione le seguenti categorie di impatto (Tabella 3) considerate più rilevanti e collegate all'inquinamento ambientale in foresta.

### 3. PRINCIPALI RISULTATI

Per la prima volta è stato dimostrato che il monitoraggio attivo è maggiormente soste-

nibile rispetto a quello effettuato con sensori passivi (Carrari *et al.*, 2021). Utilizzando i dati raccolti sul campo, infatti, sono stati analizzati i costi ambientali, economici e sociali legati all'utilizzo di questa tecnologia. Lo studio ha preso in considerazione siti di monitoraggio posizionati a tre distanze da un centro di ricerca di riferimento (30, 400 e 750 km), due tipi di foresta (decidua e sempreverde mediterranea) e tre finestre temporali (5, 10 e 20 anni di monitoraggio). Per quanto riguarda il "costo ambientale", i risultati dell'analisi LCA hanno mostrato come l'utilizzo di sensori attivi abbia fatto registrare le migliori performance per quanto riguarda il potenziale di creazione di  $O_3$  fotochimico (POCP), il potenziale di riscaldamento globale (GWP100) e il potenziale di esaurimento dello strato di  $O_3$  (ODP) sia sul breve che sul lungo periodo suggerendo che il monitoraggio passivo non è sostenibile, dal punto di vista ambientale, soprattutto per lunghi periodi di tempo. Va, comunque, sottolineato che il monitoraggio passivo risulta conveniente sul breve periodo se si considerano altre categorie di impatto quali potenziale di tossicità umana (HTP), potenziale di acidificazione (AP) e potenziale di eutrofizzazione (EP). Tenendo invece conto della sfera economica, l'utilizzo di sensori attivi, nonostante gli alti costi di installazione, ha comportato risparmi economici quantificabili in un minimo di 9650 € dopo 5 anni per le foreste decidue fino a 94796 € in 20 anni nelle foreste sempreverdi dove i sensori passivi devono essere sostituiti anche nel periodo invernale (alto costo del personale per la raccolta dati). Infine, il costo sociale è stato ottenuto valutando gli effetti economici (perdita di produttività e impatti sulla salute) causati dal rilascio in atmosfera di una tonnellata aggiuntiva di anidride carbonica equivalente ( $CO_2eq.$ ). Anche in questo caso, i risultati hanno messo in evidenza come il sistema di monitoraggio attivo sia più conve-





Figura 3 - Valutazione defogliazione della chioma all'interno dell'ITP (sito PIE1 anno 2019).

Tabella 3 - Categorie di impatto e relative unità di misura prese in considerazione nella *Life Cycle Analysis*.

Categorie di impatto	Unità di misura
<i>Global Warming Potential</i> (GWP100)	kg CO <sub>2</sub> eq.
<i>Acidification Potential</i> (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq.
<i>Eutrophication Potential</i> (EP)	kg Fosfato eq.
<i>Human Toxicity Potential</i> (HTP)	kg DCB eq.
<i>Ozone Layer Depletion Potential</i> (ODP)	kg R11 eq.
<i>Photochemical Ozone Creation Potential</i> (POCP)	kg Etene eq.

Nota: DCB = Diclorobenzene; R11 = Triclorofluorometano.

niente in termini di costi sociali per entrambe le tipologie forestali considerate dopo 5 anni ed andando sempre più ad incrementare dopo 10 e 20 anni.

Passando ad analizzare gli indici di O<sub>3</sub> considerati (AOT<sub>40</sub> e POD<sub>1</sub>), Paoletti *et al.* (2019) hanno messo in evidenza come a valori elevati di AOT<sub>40</sub> corrispondessero bassi valori di POD<sub>1</sub> e viceversa. Tale correlazione negativa suggerisce che le condizioni ambientali che favoriscono elevate concentrazioni di O<sub>3</sub> e, di conseguenza, alti valori di AOT<sub>40</sub> compor-

tano anche una chiusura stomatica e, quindi, un POD<sub>1</sub> basso. Anche altri autori (De Marco *et al.*, 2015; Anav *et al.*, 2016) hanno riscontrato la stessa situazione e, perciò, mettono in guardia sull'utilizzo dell'AOT<sub>40</sub> come unico indice per la protezione delle foreste dall'O<sub>3</sub>. A conferma del fatto che l'AOT<sub>40</sub> possa fornire risultati erronei, nessuna correlazione statisticamente significativa (a differenza del POD<sub>1</sub>) è stata riscontrata con i danni visibili fogliari imputabili all'O<sub>3</sub> e rinvenuti nel LESS e nell'ITP.



Figura 4 - Sintomatologia imputabile all' $O_3$  riprodotta artificialmente su *Alnus glutinosa* nel FO<sub>3</sub>X di Sesto Fiorentino (anno 2018).

Va comunque sottolineato che è stata rilevata una minore severità dei danni fogliari nell'ITP rispetto al LESS e pertanto una valutazione ristretta soltanto all'interno del plot forestale potrebbe sottostimare l'effetto dannoso dell' $O_3$  sulla vegetazione (Sicard *et al.*, 2021). Quanto osservato può essere in primo luogo spiegato dal limitato campionamento di foglie (5 rami casuali esposti alla luce) rispetto alle grandi dimensioni della chioma degli alberi adulti presenti nell'ITP. Inoltre, è noto che alberi giovani, più frequenti ai margini delle foreste e quindi nel LESS, siano più sensibili al danno da  $O_3$  rispetto agli alberi adulti (Nunn *et al.*, 2005) e che l'elevato numero di specie presenti nel LESS aumenti drasticamente la possibilità di campionare specie  $O_3$ -sensibili (Paoletti *et al.*, 2019).

I risultati ottenuti suggeriscono, quindi, di effettuare il monitoraggio dei sintomi visibili fogliari  $O_3$ -like all'interno del LESS dato che è un approccio più semplice che richiede meno tempo ed offre risultati migliori rispetto alla valutazione visiva all'interno del sito forestale. Inoltre, per favorire la diffusione del metodo di analisi delle lesioni fogliari e renderla quanto più oggettiva possibile, durante il corso del progetto è stato realizzato un atlante ([https://](https://mottles-project.wixsite.com/life/atlas-ozone-injury)

[mottles-project.wixsite.com/life/atlas-ozone-injury](https://mottles-project.wixsite.com/life/atlas-ozone-injury)) contenente una raccolta fotografica di lesioni visibili fogliari che sono state rilevate nei siti della rete di monitoraggio MOTTLES. Per alcune specie, quali ad esempio, *Vaccinium myrtillus* e *Alnus glutinosa*, le lesioni sono state, inoltre, riprodotte artificialmente presso la struttura FO<sub>3</sub>X, un FACE (*Free-Air Controlled Experiment*) di  $O_3$  situato nei campi sperimentali del CNR sede di Sesto Fiorentino (Figura 4) (Paoletti *et al.*, 2017).

Sicard *et al.* (2020) ha segnalato come l'AOT<sub>40</sub>, al contrario del POD<sub>1</sub>, sia un indice con una maggiore correlazione con la defogliazione della chioma piuttosto che con i danni visibili fogliari. Seguendo la metodologia stabilita da Sicard *et al.* (2016), AOT<sub>40</sub> e POD<sub>1</sub> sono quindi stati correlati, rispettivamente, con defogliazione della chioma e danni visibili fogliari per derivare i livelli critici basati sull'esposizione (CLec) o sul flusso (CLef). Il CLec è stato fissato rispettivamente in 17000 e 19000 ppb h di AOT<sub>40</sub> per conifere e latifoglie, due valori ben superiori al limite di 5000 ppb h fissato come protezione delle foreste dall'UNECE (2010). I CLef di  $O_3$  che possono causare un effetto fitotossico sulle piante forestali con comparsa dei danni visibili fogliari sono stati stimati, invece, in 5 e 12 mmol m<sup>-2</sup> POD<sub>1</sub> per le latifoglie e le conifere. Questi valori rappresentano livelli critici realistici per la protezione delle foreste e forniscono informazioni più accurate per la valutazione degli effetti negativi di questo temibile inquinante aereo, dal momento che sono stati derivati da condizioni reali di campo e non durante prove sperimentali.

#### 4. CONCLUSIONI

I risultati raggiunti consentono di affermare che un monitoraggio attivo a lungo termine,

oltre che essere più sostenibile di quello passivo sia sul piano ambientale, economico e sociale, permette di definire e aggiornare costantemente i livelli critici (CLec e CLef) per la protezione della vegetazione forestale dall'O<sub>3</sub> troposferico. In particolare, il POD<sub>Y</sub> si è rivelato un indice particolarmente interessante che permette di conoscere con maggiore livello di dettaglio, rispetto all'AOT40, le relazioni che intercorrono tra concentrazione di O<sub>3</sub> e danni alle foreste e potrebbe pertanto essere utilizzato come riferimento per lo sviluppo di nuovi standard legislativi europei. Va, infine, considerato che le stazioni di monitoraggio attivo sviluppate da MOTTLES fanno oggi parte del progetto MODERn (NEC) (LIFE20/GIE/IT/000091), coordinato dal CUFAA dei Carabinieri, e permettono di disporre di dati in tempo reale che consentono di valutare più rapidamente e puntualmente eventuali sforamenti dei limiti alle emissioni nazionali imposti dalla Direttiva *National Emission Ceiling* (NEC) dell'UE ed intraprendere azioni per l'abbattimento delle emissioni dei precursori di O<sub>3</sub>.

### Ringraziamenti

Si ringraziano i progetti LIFE MOTTLES (LIFE15 ENV/IT/000183) e MODERn NEC (LIFE20/GIE/IT/000091) ed in particolare modo Elisa Carrari, i Carabinieri Forestali del Comando Unità Forestali, Ambientali e Agroalimentari (CUFAA) per il coordinamento, la manutenzione delle stazioni e la collaborazione alle attività di monitoraggio e tutti i partecipanti al progetto che hanno fornito supporto tecnico e scientifico permettendo la realizzazione di questo lavoro.

### RIASSUNTO

L'ozono troposferico (O<sub>3</sub>) è uno dei principali inquinanti atmosferici e può arrecare gravi danni agli ecosistemi forestali a causa del suo elevato potenziale fitotossico. Il monitoraggio dell'O<sub>3</sub> in foresta è, pertanto, fondamentale per poterne studiare l'effetto nocivo sulla vegetazione e stabilire i livelli critici per la protezione del patrimonio boschivo. In questo lavoro sono riportati i risultati dell'applicazione di innovative stazioni di monitoraggio attivo in foresta, installate nell'ambito del progetto europeo LIFE MOTTLES (MONitoring ozone injury for seTTing new critical LEvelS). Le aree sperimentali sono state selezionate all'interno della rete CON.ECO.FOR, e in esse sono stati stimati due diversi indici cumulati basati sull'esposizione all'O<sub>3</sub> in atmosfera (AOT40) e sul flusso stomatico di O<sub>3</sub> (POD<sub>Y</sub>), poi correlati ad indicatori di salute della vegetazione quali sintomi visibili fogliari e defogliazione della chioma, valutati sia all'interno (ITP) che lungo il margine della foresta (LESS), per derivare i livelli critici basati sull'esposizione (CLec) e sul flusso (CLef). I risultati suggeriscono CLec e CLef rispettivamente di 17000 e 19000 ppb h AOT40 e 12 e 5 mmol m<sup>-2</sup> POD<sub>1</sub> per conifere e latifoglie. Il monitoraggio attivo consente di poter definire e aggiornare regolarmente livelli critici e standard legislativi per la protezione delle foreste ed inoltre, rispetto al tradizionale monitoraggio passivo, è risultato essere anche maggiormente sostenibile da un punto di vista ambientale, economico e sociale sul lungo periodo.

### BIBLIOGRAFIA

- Agathokleous E., Feng Z., Oksanen E., Sicard P., Wang Q., Saitanis C. J., Araminiene V., Blande J.D., Hayes F., Calatayud V., Domingos M., Veresoglou S.D., Peñuelas J., Wardle D.A., De Marco A., Li Z., Harmens H., Yuan X., Vitale M., Paoletti E., 2020 - *Ozone affects plant, insect, and soil microbial communities: A threat to terrestrial ecosystems and biodiversity*. *Science Advances*, 6 (33): 1-17. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abc1176>
- Ainsworth E.A., Yendrek C.R., Sitch S., Collins W.J., Emberson L.D., 2012 - *The effects of tropospheric ozone on net primary productivity and implications for climate change*. *Annual review of plant biology*, 63 (1): 637-661. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042110-103829>

- Anav A., De Marco A., Proietti C., Alessandri A., Dell'Aquila A., Cionni I., Friedlingstein P., Khvorostyanov D., Menut L., Paoletti E., Sicard P., Sitch S., Vitale M., 2016 - *Comparing concentration-based (AOT40) and stomatal uptake (PODY) metrics for ozone risk assessment to European forests*. *Global Change Biology*, 22 (4): 1608-1627. <https://doi.org/10.1111/gcb.13138>
- Calatayud V., Cerveró J., Sanz M. J., 2007 - *Foliar, Physiological and growth responses of four maple species exposed to ozone*. *Water Air and Soil Pollution*, 185: 239-254. <https://doi.org/10.1007/s11270-007-9446-5>
- Carrari E., De Marco A., Laschi A., Badea O., Dalstein-Richier L., Fares S., Leca S., Marchi E., Sicard P., Popa I., Hoshika Y., Materassi A., Pallante G., Pitar D., Paoletti E., 2021 - *Economic and Life Cycle Analysis of Passive and Active Monitoring of Ozone for Forest Protection*. *Environments*, 8, 104. <https://doi.org/10.3390/environments8100104>
- CLRTAP, 2017 - *Mapping Critical Levels for Vegetation, Chapter III of Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends. UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution*. Accessed on 01<sup>st</sup> July 2022 on Web at [www.icpmapping.org](http://www.icpmapping.org)
- De Marco A., Sicard P., Vitale M., Carriero G., Renou C., Paoletti E., 2015 - *Metrics of ozone risk assessment for Southern European forests: canopy moisture content as a potential plant response indicator*. *Atmospheric Environment*, 120: 182-190. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.08.071>
- European Council Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the council of 21<sup>st</sup> May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. *Official Journal*, L, 152 (2008): 1-44.
- Hoshika Y., Fares S., Savi F., Gruening C., Goded I., De Marco A., Sicard P., Paoletti E., 2017 - *Stomatal conductance models for ozone risk assessment at canopy level in two Mediterranean evergreen forests*. *Agricultural and Forest Meteorology*, 234: 212-221. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.01.005>
- Hoshika Y., Carrari E., Mariotti B., Martini S., De Marco A., Sicard P., Paoletti E., 2020 - *Flux-Based Ozone Risk Assessment for a Plant Injury Index (PII) in Three European Cool-Temperate Deciduous Tree Species*. *Forests*, 11 (82): 1-12. <https://doi.org/10.3390/f11010082>
- Karmakar S.P., Das A.B., Gurung C., Ghosh C., 2022 - *Effects of Ozone on Plant Health and Environment: A Mini Review*.
- Li P., De Marco A., Feng Z., Anav A., Zhou D., Paoletti E., 2018 - *Nationwide ground-level ozone measurements in China suggest serious risks to forests*. *Environmental Pollution*, 237: 803-813. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.002>
- Lorenzini G., Nali C., Biagioni M., 1995 - *Long range transport of photochemical ozone over the Tyrrhenian Sea demonstrated by a new miniaturized bioassay with ozone-sensitive tobacco seedlings*. *The Science of the Total Environment*, 166: 193-199. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(95\)04531-5](https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04531-5)
- Mills G., Pleijel H., Malley C.S., Sinha B., Cooper O.R., Schultz M.G., Neufeld H.S., Simpson D., Sharps S., Feng Z., Gerosa G., Harmens H., Kobayashi K., Saxena P., Paoletti E., Sinha V., Xu X., 2018 - *Tropospheric Ozone Assessment Report: present-day tropospheric ozone distribution and trends relevant to vegetation*. *Elementa Science of the Anthropocene*, 6. <https://doi.org/10.1525/elementa.302>
- Moura B.B., Alves E.S., Marabesi M.A., Ribeiro de Souza S., Schaub M., Vollenweider P., 2018 - *Ozone affects leaf physiology and causes injury to foliage of native tree species from the tropical Atlantic Forest of southern Brazil*. *Science of Total Environment*, 610-611: 912-925. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.130>
- Musselman R.C., Lefohn A.S., Massman W.J., Heath R.L., 2006 - *A critical review and analysis of the use of exposure-and flux-based ozone indices for predicting vegetation effects*. *Atmospheric Environment*, 40 (10): 1869-1888. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.10.064>
- Nunn A.J., Kozovits A.R., Reiter I.M., Heerdt C., Leuchner M., Lutz C., Liu X., Low M., Winkler J.B., 2005 - *Comparison of ozone uptake and sensitivity between a phytotron study with young beech and a field experiment with adult beech (Fagus sylvatica)*. *Environmental Pollution*, 137: 494-506. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.01.036>
- Paoletti E., Petriccione B., Rocalbuto S., 2005 - *Elevate concentrazioni di ozono nell'Italia mediterranea: una sfida alle foreste?* *Forest@*, 2 (1): 130-140. [online] URL: <http://www.sisef.it/>. <https://doi.org/10.3832/efor0269-0020130>
- Paoletti E., 2006 - *Ozone impacts on Mediterranean forests: A review*. *Environmental Pollution*, 144: 463-474. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.12.051>

- Paoletti E., 2007 - *L'ozono ed i suoi effetti sulle foreste mediterranee*. *Forest@*, 4 (4): 478-487. [online] URL: <http://www.sisef.it/forest@/>. <https://doi.org/10.3832/efor0490-0040478>
- Paoletti E., 2009 - *Ozone and urban forests in Italy*. *Environmental pollution*, 157 (5): 1506-1512. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.09.019>
- Paoletti E., Materassi A., Fasano G., Hoshika Y., Carriero G., Silaghi D., Badea O., 2017 - *A new-generation 3D ozone FACE (Free Air Controlled Exposure)*. *Science of the Total Environment*, 575: 1407-1414. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.217>
- Paoletti E., Alivernini A., Anav A., Badea O., Carrari E., Chivulescu S., Conte A., Ciriani M.L., Dalstein-Richer L., De Marco A., Fares S., Fasano G., Giovannelli A., Lazzara M., Leca S., Materassi A., Moretti V., Pitar D., Popa I., Sabatini F., Salvati L., Sicard P., Sorgi T., Hoshika, Y., 2019 - *Toward stomatal-flux based forest protection against ozone: The MOTTLES approach*. *Science of the Total Environment*, 691: 516-527. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.525>
- Proietti C., Anav A., De Marco A., Sicard P., Vitale M., 2016 - *A multi-sites analysis on the ozone effects on Gross Primary Production of European forests*. *Science of the total environment*, 556: 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.187>
- Sacchelli S., Carrari E., Paoletti E., Anav A., Hoshika Y., Sicard P., Screpanti A., Chirici G., Cocozza C., De Marco A., 2021 - *Economic impacts of ambient ozone pollution on wood production in Italy*. *Scientific reports*, 11: 154. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80516-6>
- Saitanis C.J., Sicard P., De Marco A., Feng Z., Paoletti E., Agathokleous E., 2020 - *On the atmospheric ozone monitoring methodologies*. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 18: 40-46. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2020.07.004>
- Schaub M., Calatayud V., Ferretti M., Brunialti G., Lövblad G., Krause G., Sanz M.J., 2016 - *Part VIII: Monitoring of Ozone Injury*. In: *UNECE ICP Forests Programme Coordinating Centre (ed) Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*. Eberswalde, Germany: Thünen Institute of Forest Ecosystems, 14 p. + annex.
- Sicard P., De Marco A., Troussier F., Renou C., Vas N., Paoletti E., 2013 - *Decrease in surface ozone concentrations at Mediterranean remote sites and increase in the cities*. *Atmospheric Environment*, 79: 705-715. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.07.042>
- Sicard P., De Marco A., Dalstein-Richier L., Tagliaferro F., Renou C., Paoletti, E., 2016 - *An epidemiological assessment of stomatal ozone flux-based critical levels for visible ozone injury in Southern European forests*. *Science of the Total Environment*, 541: 729-741. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.07.042>
- Sicard P., Anav A., De Marco A., Paoletti E., 2017- *Projected global ground-level ozone impacts on vegetation under different emission and climate scenarios*. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17: 12177-12196. <https://doi.org/10.5194/acp-17-12177-2017>
- Sicard P., De Marco A., Carrari E., Dalstein-Richier L., Hoshika Y., Badea O., Pitar D., Fares S., Conte A., Popa I., Paoletti E., 2020 - *Epidemiological derivation of flux-based critical levels for visible ozone injury in European forests*. *Journal of Forestry Research*, 31 (5): 1509-1519. <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01191-x>
- Sicard P., Hoshika Y., Carrari E., De Marco A., Paoletti E., 2021 - *Testing visible ozone injury within a Light Exposed Sampling Site as a proxy for ozone risk assessment for European forests*. *Journal of Forest Research*, 32: 1351-1359. <https://doi.org/10.1007/s11676-021-01327-7>
- UNECE, United Nations Economic Commission for Europe, 2010 - *Mapping critical levels for vegetation. Manual on Methodologies and Criteria for Modelling and Mapping Critical Loads & Levels and Air Pollution Effects, Risks and Trends, United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) Convention on Long range Transboundary Air Pollution*. Geneva, 254 p.
- Yasmen A.M., Sinan J.M., 2012 - *Measurement of ground level ozone at different locations*. *American Journal of Environmental Sciences*, 8 (3): 311. <https://doi.org/10.3844/ajessp.2012.311.321>





## Ricordo del Prof. Fiorenzo Mancini nel centenario della sua nascita

Paolo Nannipieri <sup>(a)</sup> - Marcello Pagliai <sup>(b)</sup>

<sup>(a)</sup> Professore Emerito, Università di Firenze e Vice-Presidente della Fondazione per il Clima e la Sostenibilità.

<sup>(b)</sup> Già Dirigente di Ricerca del Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Roma.

Fiorenzo Mancini è stato non solo un grande scienziato e naturalista ma ha anche avuto meriti tecnico-scientifici ed umani nella sua attività svolta in diversi decenni. La sua grande passione è stata la pedologia trasmessa ai numerosi allievi, studenti o laureati. Ha sempre dialogato con i giovani, comprendendoli ed incoraggiandoli nei loro studi. Ha formato diversi pedologi italiani e ai suoi allievi chiedeva il massimo impegno perché avevano il compito di preservare i suoli del Paese più bello del mondo! La sua grande passione per la pedologia lo aveva portato anche allo studio e all'insegnamento dei suoli forestali diventando così un profondo conoscitore dello stesso ambiente forestale e della selvicoltura. Nelle sue numerose escursioni di campagna, analizzando i suoli, mostrava lucidità di pensiero, profonda cultura del suolo e dell'ambiente in genere. Uomo di grandi intuizioni, già negli anni 1976-1981 allorché coordinava il Progetto Finalizzato "Conservazione del suolo" del CNR, ribadiva l'urgente necessità di una profonda conoscenza del suolo al fine di individuare e suggerire le pratiche e le azioni più idonee per la manutenzione e conservazione del territorio per prevenirne i rischi di degradazione e di dissesto idrogeologico. Già in quei report del progetto si leggeva che la corretta gestione del suolo e delle risorse idriche sarebbe stata la sfida del futuro e già allora denunciava il "consumo di suolo" dovuto alla ce-

mentificazione e auspicava fortemente che gli insediamenti di nuove infrastrutture risparmiassero il più possibile i terreni più vocati all'agricoltura.

Professore emerito dell'Università di Firenze, è deceduto il 18 aprile 2015. Fiorentino di nascita, si è laureato nel 1946 in Scienze Agrarie a pieni voti. Ha svolto la sua lunga attività accademica, iniziata nel 1948 come assistente del Prof. Paolo Principi, nell'Università di Firenze. È stato Presidente (1973-1976) della Società Italiana della Scienza del Suolo (SISS), Consigliere e Presidente (1968-1970) della Società Geologica Italiana (SGI), divulgando le discipline del suolo presso le istituzioni geologiche e consulente della Commissione Nazionale Grandi Catastrofi (1990-1992). È stato anche Vicepresidente dell'Accademia dei Georgofili, Presidente dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali e Presidente del Consiglio di Amministrazione dell'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo di Firenze. L'attività, il profilo umano e scientifico del Prof. Mancini sono stati discussi nell'evento organizzato dall'Accademia dei Georgofili il 20 Ottobre 2016.

A conferma della sua levatura internazionale nel 2002 l'International Union of Soil Sciences (IUSS), a cui è affiliata la Società Italiana di Scienza del Suolo (SISS), lo nominò "Honorary member"; fu il primo italiano a ricevere questa prestigiosa onorificenza.







AMERIGO ALESSANDRO HOFMANN (2022) - *Alla ricerca della selvicoltura perfetta. Le opere e i giorni di Alberto Hofmann*. 152 pagine. (Collana Conoscere il pensiero forestale). ISBN 978-88-98850-44-0. 25,00 €.

Questo libro è il racconto di un figlio che con profonda ammirazione e affetto ripercorre sessanta anni d'ininterrotta attività di Alberto Hofmann, forestale/fitosociologo che ha vissuto direttamente le molte vicende che hanno scosso il mondo forestale, e non solo, nel secolo scorso e che di riflesso hanno toccato la sua vita personale e influenzato i suoi studi.

Amerigo Hofmann descrive molto accuratamente le "opere e i giorni" di suo padre, che nel libro familiarmente chiama Alberto, e che instancabilmente ha continuato a ricercare, con curiosità, passione e interesse un possibile punto di incontro, tutt'oggi ancora lontano, tra le due linee divergenti che hanno sempre caratterizzato la storia del pensiero forestale, cioè ottenere dal bosco il massimo profitto (materiale e immateriale) e limitare il più possibile l'impatto dell'attività umana sull'ecosistema bosco.

Durante tutta la sua vita Alberto ha potuto vivere e visitare molti luoghi, dalla Valtellina alla Puglia, dall'Africa agli Stati Uniti... avendo la sapienza di voler conoscere e comprendere queste differenti realtà che lo hanno

portato a capire che non esiste una selvicoltura univoca, ma che ogni luogo ha una vegetazione propria e caratteristica del posto a cui appartiene. I suoi dettagliati studi su molte specie forestali che vanno dal faggio, al pino, all'abete..., messi in relazione alle condizioni pedologiche, vegetazionali, climatiche e culturali, rappresentano una visione pionieristica di quello che oggi è l'approccio multidisciplinare che si applica allo sviluppo delle scienze forestali e dell'ecologia.

Questo libro è una testimonianza preziosa per ricordare un uomo che ha dedicato la sua vita alla gestione dei boschi e allo studio delle foreste, un uomo che ha conosciuto e dibattuto con i grandi maestri forestali, un costruttore di ponti, come scrive Paolo Mori nel retro di copertina, in grado di unire diversi ambiti scientifici e che potrebbe portare molti giovani a riflettere sulle origini del pensiero forestale attuale. È un libro che avvicina il lettore a una visione di bosco più complessa e completa rispetto al considerarlo un semplice insieme di alberi, riconoscendo in Alberto Hofmann quasi una specie di "paladino" della natura e del bosco che per lui era, dal punto di vista biologico, estetico e morale, ragione e misura di vita dell'umanità.

CHIARA LISA



PUBBLICAZIONI DELL'ACCADEMIA ITALIANA DI SCIENZE FORESTALI  
IN VENDITA AL PUBBLICO

	<i>Euro</i>
0101 - <i>Atti Congresso di Selvicoltura</i> . 1954, Volume I	6,00
0202 - F. Mancini <i>et al.</i> <i>Carta della potenzialità dei suoli italiani</i> . 1968	7,00
0203 - H. Perrin. <i>Selvicoltura. Tomo II</i> (traduz. di G. Bernetti). 1985	18,00
Ridotto per studenti	13,00
0204 - A. de Philippis. <i>Selvicoltura e ambiente</i> . 1991	6,00
0301 - G. Patrone. <i>Sul tasso del frutto delle fustaie a lento accrescimento</i> . 1958	5,00
0302 - G. Patrone. <i>Sulle dimensioni dell'impresa di produzione forestale</i> . 1962	5,00
0303 - F. Elisei. <i>Problemi di contabilità nell'impresa agricolo-forestale</i> . 1965	5,00
0306 - A. Benassi. <i>Il lavoro nella selvicoltura</i> . 1985	7,00
0402 - <i>Studio di una legge per la tutela del suolo e del bosco e per la protezione della natura</i> . 1966	6,00
0403 - <i>Studio di una legge cornice per la protezione dei boschi e dei terreni montani</i> . 1984	6,00
0404 - C. Volpini <i>et al.</i> <i>Studio comparato sulla legislazione fiscale in materia di boschi</i> . 1984	6,00
0601 - <i>L'Italia forestale nel centenario della scuola di Vallombrosa</i> . 1978	7,00
0602 - V. Giacomini <i>et al.</i> <i>Studio della vegetazione forestale della provincia di Latina</i> . 1978	7,00
0604 - <i>Atti tavola rotonda: La qualificazione professionale del laureato in scienze forestali</i> . 1982	5,00
0605 - <i>Norme di esecuzione e collaudo della carta forestale d'Italia</i> . 1983	7,00
0607 - <i>Atti Convegno sulle avversità del bosco e delle specie arboree da legno</i> . 1987	18,00
0608 - <i>Indice generale degli Annali dell'Accademia It. Sc. Forestali. (1953-1990) I e II</i>	9,00
0609 - <i>Indice generale della rivista L'Italia Forestale e Montana. (1946-1990) I e II</i>	9,00
0610 - <i>Indice generale della rivista L'Alpe e Rivista Forestale Italiana. (1903-1943)</i>	5,00
0611 - <i>Indice generale della Rivista Forestale (1860-1866); della Nuova Rivista Forestale (1878-1890) e degli Annali dell'Istituto Superiore forestale (1914-1938)</i>	5,00
0613 - M. Sorbini <i>et al.</i> <i>Indagine sul ruolo economico dei prodotti secondari del bosco</i> . 1988	6,00
0701 - <i>Annali dell'Accademia italiana di Scienze Forestali</i> - cad.	21,00
0702 - <i>Bollettino bibliografia forestale italiana</i> . Vol. II (1982-83); Vol. III (1984); Vol. IV (1985); Vol. V (1986-87); Vol. VI (1988). cad.	16,00
0801 - <i>Il bosco e l'uomo</i> . A cura di O. Ciancio. 1996	18,00
Ridotto per studenti	12,00
0802 - <i>The forest and man</i> . Edited by O. Ciancio. 1997	18,00
Ridotto per studenti	12,00
0803 - <i>Nuove frontiere nella gestione forestale</i> . A cura di O. Ciancio. 1999	18,00
Ridotto per studenti	12,00
0807 - <i>Il bosco ceduo in Italia</i> . A cura di O. Ciancio e S. Nocentini. 2002	25,00
0808 - O. Ciancio, S. Nocentini. <i>Il bosco ceduo: selvicoltura assestamento gestione</i> . 2004	45,00
Ridotto per studenti	25,00
0809 - <i>Endophytism in forest trees</i> . Edited by A. Ragazzi <i>et al.</i> 2004.	20,00
Ridotto per studenti	14,00
0810 - <i>Foreste Ricerca Cultura. Scritti in onore di Orazio Ciancio</i> . A cura di P. Corona <i>et al.</i> 2005	20,00

0811 - <i>Patterns and processes in forest landscape. Consequences of human management.</i> A cura di R. La Fortezza <i>et al.</i> 2006 Ridotto per studenti	30,00 25,00
0812 - G. Bernetti. <i>Botanica e selvicoltura.</i> 2007 Ridotto per studenti	18,00 12,00

PAGAMENTO A MEZZO BONIFICO SU C/C BANCARIO  
 INTESTATO ALL'ACCADEMIA ITALIANA DI SCIENZE FORESTALI  
 CODICE IBAN IT24E0306902993100000300001  
 (INDICARE IL NUMERO DI CODICE NELLA CAUSALE DI VERSAMENTO)  
 LE SPESE POSTALI SONO A CARICO DELL'ACCADEMIA

## L'Italia Forestale e Montana

CONDIZIONI DI ABBONAMENTO PER L'ANNO 2022

- Ordinario Italia	50,00 €
- Estero	70,00 €
- Ridotto per studenti (specificare sede universitaria e n° di matricola)	25,00 €
- Sostenitori	100,00 €

Le richieste di fascicoli arretrati vengono soddisfatte, se non esauriti, al prezzo di € 10,00.  
 I versamenti devono essere eseguiti a mezzo C/C bancario intestato all'Accademia Italiana di Scienze Forestali, codice iban IT24E0306902993100000300001

*Direzione, Redazione e Amministrazione*  
 Accademia Italiana di Scienze Forestali - Piazza Edison n. 11  
 50133 Firenze - Telefono 055.57.03.48 - E-mail: info@aisf.it

Aut. Trib. di Firenze n. 676 del 26-12-1952  
 Pubblicato il 2 dicembre 2022 - Tipografia Linari, Firenze

## **LINEE GUIDA PER GLI AUTORI**

Le linee guida per autori sono consultabili all'indirizzo web:  
<https://riviste.fupress.net/index.php/ifm/about/submissions>

# L'ITALIA FORESTALE E MONTANA

ANNO LXXVII - NUMERO 5 SETTEMBRE-OTTOBRE 2022

## EDITORIAL / EDITORIALE

*Orazio Ciancio*

Storia del pensiero forestale e sperimentazione in selvicoltura in Italia ..... 179

## ORIGINAL RESEARCH ARTICLE / CONTRIBUTO ORIGINALE DI RICERCA

*Jacopo Manzini, Yasutomo Hoshika, Barbara Baesso Moura, Elena Paoletti*

Impatto dell'ozono troposferico sulle foreste italiane: applicazione di metodologie innovative per il monitoraggio in foresta ..... 185

*Impact of ground-level ozone on Italian forests: application of innovative monitoring methodologies in the forest*

## FOREST CULTURE AND PERSPECTIVES / ATTUALITÀ E CULTURA

*Paolo Nannipieri, Marcello Pagliai*

Ricordo del Prof. Fiorenzo Mancini nel centenario della sua nascita ..... 197

NEWS AND BOOK REVIEWS / NOTIZIARIO E RECENSIONI ..... 199

ISSN 0021-2776