

Giornata di studio online:

Incendi boschivi: nuovi paradigmi  
tra prevenzione, gestione e ricostituzione

31 gennaio 2022

*Relatori*

Paolo Nanni, Gherardo Chirici, Marcello Pagliai, Giovanni Bovio,  
Antonio Saracino, Vittorio Leone, Enrico Marone, Michele Puxeddu,  
Nino Sole, Luca Toschi, Luca Tonarelli, Fausto Guzzetti, Alessandra Stefani,  
Sandro Pieroni, Marina Lauri

# Sintesi

RAFFAELLO GIANNINI<sup>1</sup>

*Saluto*

<sup>1</sup> Accademia dei Georgofili

Sono onorato e lieto di porgervi il saluto del presidente dell'Accademia dei Georgofili, prof. Massimo Vincenzini, che per impegni non previsti non può prendere parte a questa importante Giornata di Studio di cui è stato lungimirante promotore.

La Giornata di Studio riguarda gli “Incendi boschivi: nuovi paradigmi tra prevenzione, gestione e ricostituzione” che è stata organizzata congiuntamente all'Accademia Italiana di Scienze Forestali con l'intento non solo di dare continuità alle conclusioni di un precedente incontro tenuto l'8 maggio 2019 che riguardava “Rischi ambientali e cambiamenti climatici: il vento e il fuoco in rapporto alla gestione forestale e del verde urbano”, ma anche di sottolineare e tenere vivo l'interesse nei confronti di eventi di estrema drammaticità che colpiscono con sempre più frequenza e intensità l'intero nostro pianeta.

Vorremmo che all'interesse momentaneo dell'accaduto seguisse, con impegno costruttivo e costante, l'approfondimento dei vari aspetti che gli incendi coinvolgono in senso negativo ambiente e territorio. È essenziale che questi trovino diffusa visibilità nella conoscenza delle cause e delle motivazioni di cui ne sono responsabili, degli effetti e delle conseguenze che ne derivano, delle tecnologie più efficaci per l'avvistamento e delle metodologie e strumenti più idonei di contrasto e quindi di ripristino ambientale.

Non ultima l'ipotesi di un cambio di approccio, passando da una impostazione puramente reattiva a una proattiva, in cui la prevenzione, finora troppo

trascurata, occupi un posto di rilievo e possa utilmente agire riducendo la probabilità che gli incendi possano verificarsi.

Una brevissima sintesi documentale su quanto accaduto nel 2021 (EFFIS - European Forest Fire Information System).

Gli incendi in Italia hanno avuto un notevole incremento raggiungendo il massimo degli ultimi 15 anni (6 incendi su 10 sono stati dolosi) interessando circa 158.000 ettari (nel 2020 circa 62.000) di cui 78.000 ettari in Sicilia, 36.000 ettari in Calabria, 21.000 ettari in Sardegna. Si sottolinea il fatto che un numero molo alto (2066 incendi) sono avvenuti nei Parchi Nazionali.

A livello europeo gli incendi hanno percorso oltre 320.000 ettari; 1238 grandi incendi hanno inciso su ecosistemi forestali (la media ultimo decennio: 494).

A livello mondiale (NOAA - National Oceanic Atmospheric Administration; CAMS - Copernicus Atmospheric Monitoring System) sono stati percorsi da incendi oltre 26 milioni di ettari di cui 13,5 in Siberia. L'effetto conseguente è stata l'immissione di circa 1760 Megatonnellate di Carbonio emesso in atmosfera.

In riferimento a questo ultimo punto occorre considerare la presenza di almeno due fattori di più recente insorgenza che concorrono alla tragicità degli effetti devastanti. Il primo è quello intrinseco legato all'azione dei cambiamenti climatici (aumento spazio/tempo dei valori di temperatura e dei periodi di siccità) ed al ruolo svolto in ciò dall'aumento di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera. Il secondo è rappresentato dal limite operativo di intervento che è accettato internazionalmente in un valore dell'intensità sul fronte dell'incendio di 10.000kW/m. Ma non possiamo dimenticare altre calamità come i danni da vento e gli attacchi da parte di insetti, funghi, batteri, virus che sono interrelati a quanto sopra. Partecipano poi anche altre componenti strutturali, relative sia all'uso e alla gestione delle risorse del territorio e forse anche a una mancanza di efficaci normative di riferimento.

Resta viva la speranza che i risultati di questa significativa Giornata di Studio siano costruttori di benessere per il nostro Paese e l'intera umanità.

SUSANNA NOCENTINI<sup>1</sup>

*Saluto*

<sup>1</sup> Vicepresidente dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali

Nell'area mediterranea il fuoco è stato sempre un elemento integrante degli ecosistemi, esercitando una pressione selettiva sulle varie componenti, mentre l'uso che storicamente è stato fatto del fuoco ha contribuito a plasmare molti paesaggi mediterranei.

Le foreste mediterranee si trovano oggi di fronte a due grandi emergenze: a causa del riscaldamento globale si prevedono limitazioni nella disponibilità di acqua e un aumentato rischio di incendi. Questi fattori sono aggravati dai cambiamenti nell'uso del suolo, in una stretta relazione con le dinamiche socio-economiche, in particolare per quanto riguarda la presenza e le attività umane nel territorio rurale.

Nel nostro Paese all'aumento degli investimenti e dei provvedimenti giuridici volti a prevenire e a combattere il fenomeno e alle accresciute conoscenze sugli aspetti tecnici per la prevenzione ed estinzione degli incendi, non ha corrisposto una sostanziale riduzione del fenomeno.

Tutto questo spinge verso una analisi diversa della situazione e dei modi per affrontarla. Forse bisogna cominciare a considerare il problema degli incendi boschivi come un problema complesso. Per affrontare questo tipo di problemi occorre: 1. pensare in modo olistico e non lineare; 2. adottare approcci innovativi e flessibili; 3. lavorare superando le barriere fra diverse istituzioni e fra diversi specialisti; 4. coinvolgere attivamente gli stakeholder e i cittadini nel capire il problema e identificare possibili soluzioni; 5. accettare l'incertezza.

Per quanto riguarda la pianificazione forestale questo vuol dire promuovere strategie di gestione che aiutino gli ecosistemi forestali ad adattarsi ai cambiamenti, nel caso specifico degli incendi aumentando sia la loro resistenza ma soprattutto la loro resilienza, cioè la capacità di ricostituirsi dopo un evento perturbatore. Credo che in questa giornata di studio vi siano i semi per avviare un discorso diverso sul tema degli incendi boschivi: storia, monitoraggio, suolo, protezione, ricostituzione, nuovi paradigmi nell'estinzione, possono fornire spunti utili per la discussione che seguirà nella Tavola rotonda.

Per fronteggiare il rischio di incendi disastrosi, il mio auspicio è che si diffonda sempre più la consapevolezza che il bosco è una entità che ha un valore che va oltre il mero valore strumentale, e per questo deve stare al centro dell'interesse della società e non alla sua periferia.

*In the Mediterranean area fire has always been an inherent feature of ecosystems, acting with a selective pressure on the various components, while the traditional use of fire has contributed in shaping many Mediterranean landscapes.*

*Today Mediterranean forests face two main constraints: water limitation and a growing fire risk, both of which are increasing due to climate change and socio-economic driven land use changes, particularly concerning human presence and impact in rural areas.*

*In Italy, the increase in financial resources and law regulations aimed at reducing and fighting forest fires together with important scientific and technical*

*advancements for fire prevention and extinction, have not been followed by a substantial decrease in fire occurrence.*

*All this suggests the need for a different approach: maybe we should start treating forest fires as a complex problem. This type of problems requires: 1. a holistic and non-linear way of thinking; 2. innovative and flexible approaches; 3. breaking down the barriers between different institutions and specializations; 4. actively involving stakeholders and citizens in understanding the problem and identifying possible solutions; 5. accepting uncertainty.*

*In forest planning and management this means promoting management strategies that help forest ecosystems adapt to changes; in the case of fire, this means increasing forest resistance and, most important, resilience, i.e. the ability to recuperate after disturbances.*

*I think that in this important meeting there are the seeds for a different discourse on forest fires: history, monitoring, soil protection, rehabilitation, new paradigms for fire extinction, will surely provide useful inputs for the Round Table.*

*To face the increasing risk of forest fires I believe that we must spread the awareness that the forest has a value that goes beyond the mere instrumental value, and thus forests must be at the center of society's interests, not on the outskirts.*

PAOLO NANNI<sup>1</sup>

*Fuoco e pratiche culturali nella storia*

<sup>1</sup> Accademico dei Georgofili

Il fuoco rappresenta un plurimillenario strumento di coltivazione, all'origine della storia dell'agricoltura. Radurare una parte di bosco e abbruciare il suolo rappresentano una pratica utilizzata da tutti i popoli della storia, per aprire e rinnovare spazi per la coltivazione e per l'allevamento. I lessici e i nomi di luogo conservano la memoria di questi usi antichi. Anche i derivati del fuoco erano utilizzati nella civiltà rurale: la cenere per la concimazione e il fumo come barriera protettiva. Numerose sono anche le attestazioni per la prevenzione dai danni da incendi nelle fonti normative. La prospettiva storica aiuta a conoscere le tradizionali pratiche adottate e anche a comprendere più concretamente il rapporto dell'uomo con l'ambiente. Un rapporto che non deve essere inteso solo come distruttore.

*Fire and agriculture throughout history. Fire stands at the origin of agricultural history as a farming tool that has been used for millennia. All peoples throughout*

*history have been thinning out parts of the woods and practicing slash and burn agriculture in order to open up and renew areas for growing and farming. In rural civilizations also fire derivatives have been widely used: ash as fertilizer and smoke as protective barrier. In regulations sources, many are the accounts of fire damage prevention. The historical perspective helps in identifying practices and usages of fire and in better understanding the relationship between humans and the environment. A relationship in which humans do not only play the role of abusers.*

GHERARDO CHIRICI<sup>1</sup>

*Il monitoraggio delle aree percorse dal fuoco tramite telerilevamento: dalla ricerca alla operazionalità*

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università di Firenze

Le tecnologie di telerilevamento hanno una lunga tradizione per il monitoraggio degli incendi boschivi. Il passaggio dell'incendio determina infatti una brusca variazione della risposta spettrale delle aree bruciate che può essere facilmente rilevata con sensori ottici multispettrali operanti nelle lunghezze d'onda del visibile e dell'infrarosso montate a bordo di satelliti o vettori aerei, pilotati o non-pilotati. La ripresa post-incendio determina un aumento più o meno lento dell'attività fotosintetica che può essere monitorata tramite piattaforme di telerilevamento. Sulla base di tali proprietà fisiche di base sono stati sviluppati numerosi metodi per il monitoraggio degli incendi boschivi sin dai primi test pionieristici risalenti agli anni '70 del secolo scorso. Questo contributo ha lo scopo di presentare una breve analisi storica dei metodi sviluppati per il monitoraggio degli incendi boschivi tramite telerilevamento. Dai primi approcci per la delimitazione automatica o semiautomatica delle aree bruciate ai più avanzati modelli per la stima dei flussi di carbonio, degli inquinanti e dei servizi ecosistemici persi a causa degli incendi. Gli approcci tecnologici utilizzati per tali attività si sono evoluti grazie alla crescente potenza delle soluzioni hardware disponibili. Gli storici approcci esplorativi basati su aree di test sono oggi sostituiti da implementazioni globali basate su cloud computing e tecnologie informatiche ad alte prestazioni per l'analisi dei Big Data. Gli algoritmi utilizzati per l'elaborazione di dati ottici, radar e LiDAR telerilevati si sono evoluti passando dall'applicazione di semplici approcci parametrici ed empirici tradizionali a più complesse reti neurali e metodi di intelligenza artificiale. Il contributo illustra le tappe più importanti in questa evoluzione storica per il monitoraggio degli incendi boschivi attraverso il tele-

rilevamento presentando soluzioni operative già in atto per il monitoraggio e l'allerta in tempo quasi-reale, per il monitoraggio post incendio e del recupero della vegetazione, compreso il supporto alla valutazione del rischio e alla lotta antincendio sul campo. Vengono infine delineate le possibili soluzioni per l'implementazione di soluzioni di telerilevamento integrate nell'ambito del costituendo Sistema Informativo Forestale Nazionale Italiano.

Rehabilitation of the areas affected by fire and restoration of ecosystem services in the Mediterranean environment. *Remote sensing technologies have a long tradition for monitoring forest fires. The fire determines an abrupt change in the spectral response of burned areas that can be easily detected with optical multispectral sensors operating in the visible and infrared wavelengths on board of satellites or aerial vectors, manned or unmanned. The post-fire regrowth determines a more or less slow increasing change of photosynthetic activity that can be also monitored through remote sensing platforms. On the basis of such basic background physical properties a multitude of methods for monitoring forest fires have been developed since the first pioneering tests dated the 70s of the past century. This contribution presents a short historical analysis of the methods developed for monitoring forest fires with remote sensing. Since the first approaches for the automatic or semi-automatic delineation of burn areas to more advanced models for the estimation of carbon fluxes, pollutants and ecosystem services lost due to fires. The technological approaches used for such activities evolved thanks to the increasing power of available hardware solutions. The historical explorative approaches based on test areas are nowadays replaced by global implementations based on cloud computing and High Performance Computer technologies for Big Data analytics. Algorithms used for processing optical, radar and LiDAR remotely sensed data evolved from early traditional parametric approaches to more complex neural networks and Artificial Intelligence methods. The contribution illustrates the most important milestones in forest fires by remote sensing presenting operative solutions already in place for near-real-time monitoring and alert, post fire and recovery monitoring, including the support to risk assessment and fire fighting in the field. Possible solutions for the implementation of remote sensing solutions integrated in the framework of the Italian National Forest Information System are finally outlined.*

MARCELLO PAGLIAI

*L'impatto sul suolo degli incendi boschivi*

Vedi testo p. 114.

GIOVANNI BOVIO

*La protezione dagli incendi boschivi: storia, attualità e criticità*

Vedi testo p. 126.

ANTONIO SARACINO

*La ricostituzione delle aree percorse dal fuoco e il ripristino dei servizi ecosistemici in ambiente Mediterraneo*

Vedi testo p. 138.

VITTORIO LEONE

*Incendi di nuova generazione e necessità di modificare il paradigma dell'estinzione*

Vedi testo p. 149.

TAVOLA ROTONDA

MICHELE PUXEDDU<sup>1</sup>

*Grandi incendi forestali nella storia recente della Sardegna*

<sup>1</sup> Accademia Italiana di Scienze Forestali

*nobis placeant ante omnia sylvae*  
(Virg. *Ec.* II, v. 62)

Già nel 1859 Di Berenger così scriveva: «L'Isola di Sardegna, coltivata, secondo Diodoro Siculo, fin dai tempi del favoloso Aristeo, soggiacque ai Cartaginesi, i quali, rimasti molti anni signori di essa, per domare l'orgoglio di quella stirpe robusta, ne divelsero i boschi e gli alberi fruttiferi dei lidi, imponendo con barbara legge la pena capitale a chi avesse esercitato l'agricoltura (...) così, al tempo dei Fenici, furono abbruciate le foreste (...) Quelle della Sardegna furono distrutte da Jolaus e da Aristeo, figlio di Apollo e di Cirene».

Citando Di Berenger, indimenticato maestro forestale, ho inteso evidenziare, come confermato anche da Pais in *Storia della Sardegna e della Corsica*

*durante il dominio romano* (1923), che la Sardegna, con i suoi boschi, è stata gravemente colpita dagli incendi sin dalla colonizzazione Fenicia, avvenuta tra il 1000 e il 500 a.C. Successivamente, il rapporto tra mondo rurale e bosco, nel frattempo faticosamente ricostituitosi, con l'affermarsi del feudalesimo a opera degli Aragonesi (1323) subì una nuova frattura giacché questi, pur concedendo l'uso comunitario dei beni, assoggettarono i singoli alla corresponsione di tributi in funzione delle utilità derivanti dal bosco nonché degli oneri e dei servizi generati dal feudo, suscitando così conflitti, controversie e problemi sull'utilizzo di pascoli e boschi (Beccu, 2000) che sfociarono anche in atti di violenza, vandalismo e distruzione dei quali l'incendio (*fogu tentu* in lingua sarda) fu uno dei principali strumenti.

Questo nefasto risultato della storia non ebbe purtroppo soluzione di continuità per altri successivi cinque secoli, quantomeno fino alla revoca da parte dei Savoia del feudatario quale amministratore della giustizia (1836), prodromo essenziale della fine del feudalesimo nell'isola, ma, come vedremo, neppure da tale più recente data la Sardegna restò immune dal grave fenomeno (Puxeddu e Sistu, 2005). Basti pensare che ancor oggi (nei primi due decenni del secondo millennio) gli incendi conservano frequenze e dimensioni (R.A.S., 2021), con medie annue di quasi 3000 eventi (2985) e oltre 18000 ettari (18040) di superficie totale percorsa, di cui quasi 4700 boscati (4677), talmente gravi da continuare a rappresentare un enorme problema ambientale e sociale nello stesso tempo.

Intere comunità locali infatti tuttora si sentono impotenti di fronte al grave fenomeno che ha fatto registrare, soprattutto in concomitanza di prolungati periodi di siccità e ondate di calore estive, anche grandi incendi forestali (GIF), *estremi* come definiti dal prof. Leone (2020), ovvero incendi piroconvettivi, a comportamento erratico e imprevedibile, derivante dalla interazione incendio-atmosfera, in grado di superare la capacità di controllo, con l'insorgenza di fuochi secondari (*spotting*), anche a distanza di chilometri dal fronte principale, nonché capaci di determinare tragiche conseguenze con perdita di vite umane tra gli operatori antincendi e la popolazione civile, insieme ad enormi danni alle risorse forestali e ambientali.

Tra i grandi incendi forestali nella storia recente della Sardegna, in particolare dal XIX secolo ad oggi, per le peculiari caratteristiche intendo ricordare:

1. Incendio di Nurra-Argentiera (Sassari), verificatosi nel luglio 1839, di origine colposa, che durò 15 giorni e causò vittime umane (numero non conosciuto), colpendo oltre 3 milioni di grandi lecci e 1 milione di grandi olivastri (Beccu, 2000);

2. Incendio di Carvacone-Supramonte (Orgosolo, Nu), verificatosi dal 8 al 12 agosto 1931, di origine dolosa e colposa, che si estese su oltre 3000 ettari, colpendo boschi di alto fusto di leccio, di roverella e macchia (Susmel et al., 1976);
3. Incendio di Grighine (Villaurbana, Or), verificatosi dal 27 al 28 luglio 1983, di origine dolosa e colposa, che si estese su oltre 2300 ettari, colpendo giovani fustaie di pino insigne (Fibrosarda, 1983);
4. Incendio di Curraggia (Tempio, Ss), verificatosi dal 24 al 28 luglio 1983, di origine dolosa, che causò 9 vittime umane e si estese su oltre 18000 ettari, colpendo boschi di leccio, di sughera, di pini mediterranei e macchia (Olita, 1992);
5. Incendio di Porto San Paolo (Loiri, Ss), verificatosi dal 1 al 4 agosto 1989, di origine dolosa, che causò 6 vittime umane e si estese su oltre 10000 ettari, colpendo macchia e boschi di sughera (Olita, 1992);
6. Incendio di San Pantaleo-Portisco (Olbia, Ss), verificatosi il 28 agosto 1989, di origine dolosa, che causò 13 vittime umane e si estese su oltre 1200 ettari, colpendo garighe e macchia (Olita, 1992);
7. Incendio di Sos Lauros-Montiferru (Bonarcado, Or), verificatosi dal 24 al 29 luglio 2021, di origine colposa, che, estesosi su oltre 13000 ettari, ha colpito boschi di leccio, di sughera, di roverella, di pini mediterranei e macchia (Puxeddu, 2021).

In conclusione possiamo affermare che nella storia recente della Sardegna diversi purtroppo sono stati i grandi incendi forestali (GIF).

Questa tipologia di incendi dovrebbe essere esaminata con particolare attenzione soprattutto nelle relazioni esistenti tra prevenzione e attività di contrasto che, traggiate e approfondite anche riguardo le complesse dinamiche post-incendio, dovrebbero poter fornire indirizzi concreti per ridurre la probabilità del loro ripetersi.

### *Bibliografia*

- BECCU E. (2000): *Tra cronaca e storia le vicende del patrimonio boschivo della Sardegna*, Delfino editore, Sassari, pp. 1-417.
- DI BERENGER A. (1859): *Studi di archeologia forestale*, ristampa a cura dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali e della Direzione Generale dell'Economia Montana e delle Foreste, Firenze, pp. 1-806.
- FIBROSARDA S.F.S. (1983): *La montagna bruciata. In Sardegna il rogo del Grighine*, Grafiche Manzotti, Milano, pp. 1-21.
- LOVREGGIO R., LEONE V. (2020): *Incendi estremi: principali cause e nuove strategie di ge-*

- stione, Gestione Incendi (<https://sisef.org/2020/10/26/incendi-estremi-principali-cause-e-nuove-strategie-di-gestione>).
- OLITA O. (1992): *Sardegna in fiamme: prospettiva il deserto?*, STEF Spa, Cagliari, pp. 1-92.
- PAIS E. (1923): *Storia della Sardegna e della Corsica durante il dominio romano*, Nardecchia editore, Roma, tomi I-II.
- PUXEDDU M., SISTU G. (2005): *La pianificazione antincendi boschivi a scala locale: analisi critica di un caso di studio*, in Rombaldi M., Sistu G. (a cura di), *Dinamiche territoriali e sviluppo tra Corsica e Sardegna*, CUEC, Cagliari, pp. 217-243.
- PUXEDDU M. (2021): *L'importanza della prevenzione degli incendi boschivi attraverso l'utilizzo di tecnologie avanzate*, Conferenza Rete Basta Incendi: La prevenzione degli incendi boschivi. Villagrande Strisaili (Nu), 16 ottobre 2021.
- REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA (2021): *Delibera di approvazione del Piano regionale di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi, n. 22/19 del 17 giugno 2021*.
- SUSMEL L., VIOLA F., BASSATO G. (1976): *Ecologia della lecceta del Supramonte di Orgosolo (Sardegna Centro-orientale)*. III Contributo: Produzione primaria produzione secondaria (erbivori) condizioni attuali e possibilità di conservazione, Estratto dagli Annali del Centro di Economia Montana delle Venezie, Volume X, CEDAM, Padova, pp. 1-261.

ALESSANDRA STEFANI<sup>1</sup>

*Incendi boschivi: nuovi paradigmi*

<sup>1</sup> Direzione Generale delle Foreste – MIPAAF

Ringrazio l'Accademia dei Georgofili e l'Accademia italiana di Scienze forestali per l'interessantissima iniziativa e tutti gli illustri relatori che si sono alternati in questo convegno, grazie al quale sono stati evidenziati numerosi importanti aspetti di un tema così delicato e sfaccettato quale quello degli incendi boschivi.

Mi viene chiesto ora, come contributo alla tavola rotonda, di sottolineare alcuni aspetti di maggiore rilevanza nelle varie relazioni, contribuendo con mie osservazioni.

Mi pare che si sia discusso di tecniche, e di persone.

Di tecniche, perché siamo di fronte a incendi le cui caratteristiche sono del tutto nuove, e hanno bisogno di nuovi strumenti per essere affrontati.

Molto è stato detto, soprattutto sui grandi incendi, o megafires, che anche in Italia nell'estate del 2021 hanno interessato le Regioni meridionali e insulari. Come avevamo già visto con l'incendio dei Monti Pisani, non possiamo più parlare di incendi boschivi: le aree di interfaccia urbano-rurale sono spesso il luogo di innesco, ma poi gli incendi si propagano nei boschi, ne escono attaccando coltivi e infrastrutture agricole, ritornano nei boschi, si avvicinano ad abitazioni.

I danni sono enormi, al patrimonio naturale, al patrimonio agricolo e zootecnico, ma anche per la vita di persone che cercano di salvare i propri beni. È stato giustamente detto che ciò che troviamo scritto in tanti piani antincendio è ormai archeologia, e che i dispositivi redatti a poca distanza dall'emergenza sono poco utili.

È ben vero, sono convinta e concordo con queste valutazioni, ma mi permetto di far osservare che nel recente decreto legge 8 settembre 2021 n. 120, convertito con la legge nazionale 8 novembre 2021 n. 155, vi sono importanti innovazioni, tra le quali mi permetto di evidenziare le misure volte ad accelerare l'applicazione del catasto incendi, a integrazione di quanto previsto dall'art. 10, comma 1, della legge 353 del 2000, anche con la previsione di azioni sostitutive in caso di inerzia delle amministrazioni comunali; l'inserimento della tecnica del fuoco prescritto, nell'art. 3 comma 3 della medesima norma; l'inserimento della tecnica del controfuoco all'art. 7, comma 1 della stessa.

D'altro canto, il Testo unico delle foreste e filiere forestali (D.lgs. 3 aprile 2018 n. 34) ha contribuito al tema, attraverso una serie di disposizioni, la più importante delle quali ritengo sia quella concernente i piani forestali di indirizzo territoriale. Si tratta di strumenti di pianificazione di area vasta, intermedi tra i programmi regionali e i piani di gestione aziendale, pensati, ai sensi dell'art. 6 comma 3 e 6 del D.lgs. 34/2018 e meglio definiti dal decreto attuativo in materia di pianificazione forestale (D.M. 563765 del 28 ottobre 2021). I PFIT hanno lo scopo di fornire indirizzi per la gestione nel medio e lungo periodo delle risorse forestali nell'ambito di comprensori territoriali omogenei per caratteristiche ambientali, paesaggistiche, economico produttive e amministrative. Questi strumenti, oltre a concorrere alla redazione dei piani paesaggistici, recepiscono e integrano in modo coordinato indirizzi, prescrizioni, vincoli, indicazioni programmatiche e di pianificazione territoriale in conformità ai piani antincendio, costituendo così raccordo tra le diverse pianificazioni insistenti sulle medesime superfici boscate.

A fianco a questo importantissimo decreto, ritengo sia importante il D.M. in materia di linee guida per la realizzazione di strade e piste forestali (D.M. 563734 del 28 ottobre 2021), strumenti al servizio prima di tutto della pianificazione forestale, ma, chiaramente, anche per la prevenzione ed estinzione degli incendi boschivi.

Discutendo di persone, oltre che di tecniche, ritengo molto importante che di bosco e agricoltura si possa vivere, perché chi ha contezza del valore dei propri beni, e del proprio lavoro, è il primo custode del territorio e il primo attore delle misure di prevenzione.

D'altro canto, è ancora investendo sulle persone che si potrà diffondere, oltre alla cultura della prevenzione, anche la capacità diffusa di autoprotegger-

si, e proteggere i propri beni, dagli effetti del fuoco, finché possibile, e come intervenire in sicurezza sui piccoli eventi prima che deflagrino in incendi.

E ancora, saranno le persone che siederanno ai tavoli creati per attuare quanto previsto dal D.lgs. 398 del 2021, concernente il piano operativo per la realizzazione di un sistema avanzato e integrato di monitoraggio e previsione, nell'ambito dei fondi PNRR, investimento 1.1, missione 2, componente 4, al fine di garantire l'elaborazione e l'attuazione di piani di prevenzione e resilienza adeguati per il territorio e le infrastrutture, "a difesa e protezione delle risorse nazionali esistenti e future" la cui redazione è in capo al Ministero della Transizione ecologica.

Infine, mi permetto di formulare una proposta.

Gli esiti di un convegno così interessante e attuale non possono rimanere confinati tra i partecipanti e tutti coloro che ne potranno ascoltare la registrazione.

Io credo che un documento di sintesi, con contenuti così approfonditi e di ampia portata e con proposte operative di avanguardia, debba essere portato all'attenzione di tutti coloro che, a livello centrale e periferico, si stanno occupando dell'argomento.

L'autorevolezza delle due Accademie favorirà certo l'attenzione alla tematica e alle osservazioni propositive, fondate su rigore scientifico, coniugato con esperienza sul campo e sperimentazioni tecniche di avanguardia.

ENRICO MARONE<sup>1</sup>

### *Conclusioni*

<sup>1</sup> Accademico dei Georgofili, Accademia Italiana di Scienze Forestali

Le relazioni presentate in questa giornata e gli interventi degli ospiti della tavola rotonda hanno confermato l'appropriatezza del titolo scelto "Incendi boschivi: nuovi paradigmi tra prevenzione, gestione e ricostituzione" in quanto tutti i contributi hanno mostrato la consapevolezza che solo in un'ottica di valutazione economica, sociale e ambientale, cioè in una visione olistica, come ricordato dalla prof.ssa Nocentini nella sua introduzione alla giornata, il problema può trovare una soluzione.

Dal mio punto di vista, quello dell'economista, ho sempre evidenziato che la valutazione economica del danno, qualunque esso sia, non può prescindere dalla considerazione della natura del bene danneggiato, dalle sue funzioni e dalla realtà economica di riferimento. È necessario, di conseguenza, valutare gli effetti che i danni derivanti da eventi catastrofici come il fuoco possono

comportare per tutte le differenti funzioni/obiettivi legate alla presenza del bosco, prendendo in considerazione sia le attività economiche presenti nel territorio osservato sia i riflessi sull'ambiente che questi eventi possono comportare. Mi sembra che tutto ciò sia stato ampiamente messo in evidenza, discusso e trattato da chi mi ha preceduto.

Il filo conduttore della giornata può essere forse riassunto in tre parole chiave che hanno caratterizzato la giornata, "prevenzione, gestione e ricostituzione", affermando con ciò che è necessaria una valutazione complessiva del problema per poterlo affrontare. L'introduzione del collega prof. Paolo Nanni offre una ottima chiave di lettura in quanto nel breve ma completo *excursus* storico che ha offerto sottolinea come antica sia la pratica del fuoco e come questa sia stata originariamente una pratica colturale e non predatoria capace di conciliare aspetti ecologici con aspetti economici e sociali. Punto questo che verrà ripreso da molti relatori che hanno parlato di convivenza, di coinvolgimento delle popolazioni, di sistemi gestionali, ecc... Proprio questi ultimi sono state evocati ad esempio dal prof. Pagliai come fortemente impattanti sul suolo. Un altro tema su cui molti relatori hanno offerto il loro contributo è stato quello del contributo che la tecnologia può offrire soprattutto nelle attività di prevenzioni. Penso alle relazioni di Chirici, Bovio e Saracino in cui la valutazione immediata della durata del danno, la valutazione dei tempi di ripristino diventano elementi essenziali in un'azione congiunta tra prevenzione e ripristino. Dal lato dell'apporto della tecnologia è importante sottolineare quanto riportato dal prof. Chirici che fa presente che è da diversi decenni che possediamo queste tecnologie e che queste devono essere utilizzate e diventare l'ordinarietà nell'affrontare i problemi. Così come sono essenziali le scelte organizzative messe in evidenza dal prof. Bovio quando ha riferito della contrapposizione tra *fire controll* e *fire management*. La considerazione della possibile alterazione transitoria o permanente dei redditi/benefici è essenziale sia per le scelte future, ma soprattutto per passare da «una impostazione puramente reattiva a una proattiva, in cui la prevenzione occupi un posto di rilievo e possa utilmente agire riducendo la probabilità che incendi estremi possano verificarsi». È evidente che senza considerare ad esempio quei forti fenomeni erosivi ricordati da Pagliai non possiamo definire i contorni e le risorse da investire in quell'azione proattiva che siamo tutti convinti debba sostituire il paradigma dell'impostazione reattiva. Se la ricostituzione del bosco sicuramente ci garantisce di ritornare a una situazione pre-danno, ripristinando di conseguenza tutte le funzioni a cui questo assolveva, non possiamo ignorare la durata del *periodo di ripristino*, ovvero il numero di anni necessari al ripristino di "livelli sufficienti dei flussi di utilità". Tale periodo sarà ovviamente diversificato in relazione a ogni specifica funzione: produzione, servizio ricreativo, servizio

di regimazione deflussi, ecc. Ci sono vari studi che si sono concentrati sulla durata del *periodo di ripristino* (Sartori e Gallinaro, 2006) in relazione alle diverse funzioni economico-ambientali realizzate dai boschi in relazione all'età del soprassuolo e alla forma di governo. Tema ampiamente trattato anche nell'ambito della giornata di studio nel 2019 dell'Accademia dei Georgofili dedicata ai "Rischi ambientali e cambiamenti climatici: il vento e il fuoco in rapporto alla gestione forestale e del verde urbano". In questo quadro, il prof. Leone suggerisce di cambiare completamente il paradigma con cui approcciarsi al problema degli incendi boschivi, spostando gradualmente l'attenzione dalla "soppressione" alla "prevenzione" nel quadro della gestione integrata degli incendi e aumentando la "responsabilizzazione, la consapevolezza e la preparazione delle popolazioni a rischio", senza trascurare il miglioramento della dotazione tecnologica. Approccio questo sicuramente innovativo e condiviso dalle grandi istituzioni politiche nazionali ed Europee. Gli interventi della tavola rotonda hanno completato il quadro della giornata sia fornendoci ulteriori informazioni rispetto a quanto avviene nel mondo operativo sia nel sottolineare la necessità di offrire ai decisori pubblici un supporto di conoscenze utili nella definizione di politiche di pianificazione degli investimenti più efficienti ed efficaci nel settore della prevenzione e introducendo un nuovo approccio di analisi e di valutazione multifunzionale degli impatti prodotti dagli incendi boschivi. La necessità di creare un sistema basato sulla necessità di pensare alla formulazione di politiche integrate, che coinvolgono oltre ai consueti stakeholder anche le popolazioni presenti in quei territori e che contemplino la difesa degli interessi pubblici come suggerito dalla dott.ssa Lauri.

Come spesso è avvenuto in altre occasioni mi sembra molto opportuno sottolineare e fare propria la proposta delle dott.ssa Stefani. Partendo dal ruolo e dall'autorevolezza dell'Accademia dei Georgofili e dell'Accademia Italiana di Scienza Forestali, dalla professionalità dei soggetti coinvolti nei dibattiti che con frequenza si sono occupati di queste tematiche, la proposta è quella di far convergere le riflessioni scaturite in questa giornata in un documento che possa offrire utili strumenti ai decisori che dovranno trovare la migliore allocazione alla cospicua disponibilità di risorse messe a disposizione dal PNRR che devono trovare il loro migliore impiego. Un documento in cui indicare punti di debolezze ed errori delle scelte passate e i punti di forza di scelte strategiche innovative come quelle scaturite in questa giornata di studio. In questo senso il ruolo delle due Accademie può essere molto importante, ad esempio offrendo con sistematicità il loro supporto al monitoraggio di ciò che avviene e mettendo a disposizione le alte competenze dei loro corpi accademici.

MARCELLO PAGLIAI<sup>1</sup>

## L'impatto sul suolo degli incendi boschivi

<sup>1</sup> Accademia dei Georgofili

### INTRODUZIONE

Sono ancora ben impresse nella mente le immagini trasmesse dai mezzi di comunicazione di massa circa i drammatici incendi dell'estate scorsa che hanno devastato il patrimonio forestale in vaste aree del nostro Paese. Purtroppo, queste scene si ripetono anno dopo anno con un aumento impressionante. Sono ormai a tutti noti i danni provocati all'ambiente da questi incendi a cui, purtroppo, seguono irrimediabilmente forti perdite di suolo per erosione.

Fra le principali cause di degradazione dei suoli forestali è del tutto evidente, infatti, che gli incendi rappresentano i più rilevanti sistemi di degradazione la cui conseguenza, fra l'altro, è l'insorgere di fenomeni di erosione idrica, diffusa e incanalata, costituendo una forte minaccia rispetto alla funzione di protezione idrologica. Il passaggio di incendi, oltre che innescare fenomeni erosivi, causa forti alterazioni anche delle proprietà chimiche dei suoli, in particolare sulla sostanza organica e delle proprietà biologiche, in quanto distrugge gli esseri viventi alla superficie del suolo, alterando fortemente l'attività microbica.

I fenomeni erosivi dopo il passaggio di incendi sono drammaticamente aumentati anche in virtù dei cambiamenti climatici in atto che si manifestano con impressionante frequenza sotto forma di eventi estremi quali i violentissimi nubifragi. Ci sono scarsi studi che quantificano l'entità del suolo perso per erosione, tuttavia, nella letteratura scientifica internazionale si attribuisce proprio a questi eventi estremi, dopo il passaggio di incendi, l'alta perdita di suolo, acqua e nutrienti nelle foreste dell'area mediterranea (Inbar et al., 1998; Shakesby, 2011; Francos et al., 2016).

## GLI EFFETTI SUL SUOLO DEL PASSAGGIO DEL FUOCO

Il suolo forestale viene modificato fortemente e rapidamente dal passaggio del fuoco e le modificazioni vengono indotte essenzialmente da due fattori e cioè dalle temperature raggiunte durante l'incendio e dalla formazione di ceneri. Questi due effetti sono pressoché concomitanti per cui diventa difficile quantificare il loro effetto individuale nell'indurre i cambiamenti delle proprietà del suolo. Tali modificazioni si verificano simultaneamente al passaggio del fuoco.

## LE REAZIONI TERMICHE DEL SUOLO

Le modificazioni indotte nel suolo dal passaggio del fuoco avvengono gradualmente con l'aumento raggiunto dalle temperature. All'inizio dell'incendio si raggiungono picchi fino a 170°C che provocano una prima disidratazione del materiale superficiale del suolo. Fra 170°C e 220°C si ha la disidratazione della sostanza organica. Fra 220°C e 460°C si ha la combustione della sostanza organica e, di conseguenza, la distruzione dell'attività biologica. Questa reazione termica causa la trasformazione e la riorganizzazione degli ossidi di ferro e alluminio. Fra 460°C e 700°C si ha la perdita dei gruppi OH dall'argilla. Fra 700°C e 900°C si ha la decomposizione dei carbonati

## IMPATTO DEL FUOCO SULLE PROPRIETÀ FISICHE E CHIMICHE DEL SUOLO

L'aumento delle temperature cioè del calore che si sviluppa durante l'incendio induce modificazioni della porosità del suolo. Nei suoli argillosi la porosità aumenta progressivamente fino a 460°C, dopodiché diminuisce fortemente in seguito alla perdita dei gruppi OH delle argille e alla distruzione dei carbonati. Nei suoli sabbiosi, invece, la porosità diminuisce progressivamente con l'aumentare dei picchi di temperatura. Di conseguenza, dopo il passaggio di un incendio si ha un aumento della densità apparente.

Dopo raggiunto il picco dei 220°C si manifestano variazioni di tessitura, in quanto aumenta la frazione sabbiosa mentre diminuisce la frazione argillosa; la frazione limosa rimane pressoché inalterata. Queste variazioni sono più pronunciate nei suoli argillosi in quanto si ha la fusione delle particelle argillose che acquistano quindi le dimensioni della sabbia; a ciò contribuisce anche la calcitazione in cui sono coinvolti gli ossidi di ferro e gli alluminosilicati.

Nonostante la combustione della sostanza organica durante l'incendio, l'indice di stabilità degli aggregati aumenta a causa della riorganizzazione e

ricristallizzazione degli ossidi di ferro e alluminio contribuendo così all'aumento della resistenza degli aggregati; durante il passaggio del fuoco, dove si raggiungono notevoli picchi di calore, il suolo sembra subire una sorta di laterizzazione.

Per quanto riguarda le proprietà chimiche da segnalare che il calore prodotto dal passaggio del fuoco causa una diminuzione del pH fino a temperature di 460°C ma il successivo aumento delle temperature provoca un aumento addirittura da 4 a 5 unità quando la temperatura supera 700°C. La causa dell'iniziale diminuzione può essere attribuita all'ossidazione di alcuni elementi e alla disidratazione dei colloidali che perderebbero così il loro potere tampone. Il repentino aumento alle alte temperature è senz'altro dovuto alla perdita di OH da parte delle argille e alla formazione di ossidi derivanti dalla decomposizione dei carbonati.

La capacità di scambio cationico diminuisce con l'aumentare delle temperature raggiunte. L'aggregazione delle particelle fini causate dall'aumento del calore, la disidratazione delle particelle colloidali e la combustione della sostanza organica sono le cause principali di tale diminuzione.

Ovviamente, la combustione della sostanza organica in seguito all'aumento delle temperature ne causa la diminuzione del suo contenuto nel suolo. Lo stesso andamento lo riscontriamo per le forme azotate di cui una buona parte vengono perse per volatilizzazione. Si sottolinea ancora che alla combustione della sostanza organica si associa la distruzione di tutti gli organismi viventi e quindi la scomparsa dell'attività biologica e, soprattutto, di quella microbica.

L'aumento del calore provoca anche la mineralizzazione del fosforo organico che scompare totalmente sopra temperature di 460°C; per contro si riscontra un aumento del fosforo inorganico. I processi di mineralizzazione del fosforo organico contribuiscono a far aumentare quello assimilabile.

## CENERI

Le ceneri rappresentano il materiale rimanente dopo il passaggio del fuoco e quindi della bruciatura della vegetazione fresca e della lettiera secca. L'ammontare della loro deposizione dipende dal peso e dalla distribuzione spaziale della vegetazione, nonché dal grado di combustione e dal seguente trasporto dei residui bruciati.

La quantità di ceneri varia dal 2-9% per il legno a 13-20% per le essenze erbacee. Le proprietà delle ceneri dipendono dal grado di combustione dei materiali e quindi anche dalla velocità del passaggio del fronte dell'incendio. Le alte temperature si raggiungono, ovviamente, quando il fronte avanza len-

tamente. Se la combustione non è completa le ceneri sono di colore scuro perché contengono ancora residui di sostanza organica e materiale carbonizzato. Quando la combustione è completa le ceneri sono grigio-chiare e la loro composizione è quasi esclusivamente minerale.

Le ceneri residue contengono essenzialmente carbonati di metalli alcalini e alcalino-terrosi con contenuti variabili di silice, sesquiossidi, fosfati e piccole quantità di azoto inorganico e organico. Tuttavia, la composizione delle ceneri presenta grande variabilità. Secondo dati dalla letteratura corrente (Giovannini, 2012) l'N può variare da 0,03 a 1,5%, il contenuto di P da 0,03 a 3,0%, quello di K da 0,3 a 20%, il Ca da 2,5 a 25% e il Mg da 1,5 a 15%.

In generale, durante il passaggio del fuoco molti composti organici sono bruciati e dispersi nell'aria. Dall'altra parte, molti cationi precedentemente legati alla sostanza organica sono resi solubili e immediatamente disponibili per le piante. Se paragoniamo la degradazione biologica dei resti delle piante con la degradazione causate dal fuoco si può constatare che la bruciatura rende i nutrienti immediatamente disponibili per le piante. Un alto contenuto di nutrienti assimilabili può persistere in superficie dopo la deposizione delle ceneri, se non intervengono fenomeni erosivi post-incendio.

#### PASSAGGIO DEL FUOCO E FORMAZIONI DI STRATI DI IDROREPELLENZA

Gli strati superficiali del suolo forestale mostrano molto spesso un rallentamento del processo di assorbimento dell'acqua, e in alcuni casi appaiono idrorepellenti. È noto che la sostanza organica può avere una duplice azione e cioè quella di assorbire acqua, ma talvolta ha anche proprietà idrofobiche che limitano l'infiltrazione dell'acqua.

L'idrorepellenza può essere attribuita a diverse sostanze come, ad esempio, gli oli essenziali derivanti dalla vegetazione xerofitica, acidi grassi legati a calcio e magnesio, sostanze derivanti dalla decomposizione di sostanza organica fresca, acidi umici, idrocarburi alifatici e prodotti microbici di basidiomiceti o funghi.

Quando si verifica un incendio, la lettiera e lo strato superficiale del suolo sono esposti a un riscaldamento molto intenso in grado di distruggere la materia organica del suolo che in parte evapora e viene consumata dal fuoco nella fiamma mentre un'altra parte diventa sempre più fluida e costretta a migrare verso il basso lungo il gradiente di temperatura sviluppato lungo il profilo del suolo fino a incontrare particelle di terreno più fredde dove si condensa e si cementa formando un nuovo strato di sostanze idrofobiche (fig. 1).

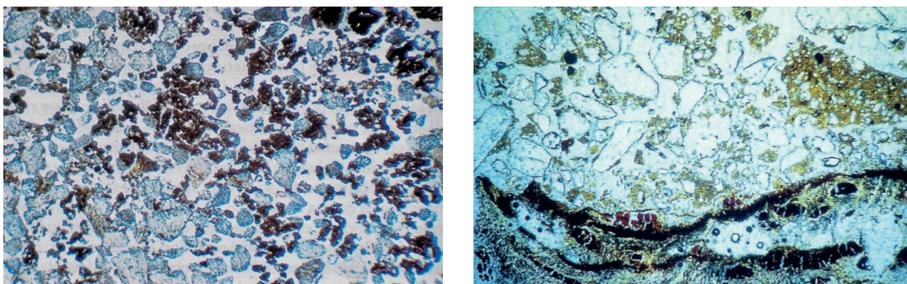


Fig. 1 Queste foto rappresentano proprio microfotografie di sezioni sottili verticalmente orientate, preparate da campioni indisturbati prelevati nello strato superficiale (0-5 cm) di un suolo forestale sabbioso. A sinistra il suolo in condizioni normali in cui le parti scure rappresentano la sostanza organica e le parti trasparenti i pori; a destra dopo il passaggio di un incendio in cui sono evidenti gli strati di colore nero di sostanza organica "carbonizzata"

Dopo l'incendio può essere presente, quindi, uno strato idrorepellente al di sotto e parallelo alla superficie del terreno nella zona bruciata (Certini, 2005; Giovannini et al., 1998). Questa situazione è molto pericolosa in termini di erosione del suolo in particolare nei terreni in forte pendenza: infatti la disposizione stratificata consente alla pioggia di infiltrarsi a una profondità limitata prima che il fronte bagnante raggiunga lo strato idrorepellente. Quando l'infiltrazione d'acqua viene impedita o temporaneamente rallentata, il sottile strato di terreno bagnabile si satura e l'acqua è costretta quindi a defluire lateralmente. Il deflusso superficiale fornisce la forza mobile per l'erosione del suolo e l'acqua che scorre rimuove le particelle di terreno dallo strato bagnabile superiore con una parte dello strato idrorepellente sottostante.

Questo meccanismo spiega l'innescò delle varie forme di erosione che si trovano comunemente nel suolo interessato dal passaggio del fuoco, da quella laminare, a rivoli, a burroni, fino ai movimenti di massa.

#### EROSIONE DEL SUOLO

L'erosione idrica, diffusa e incanalata, in seguito agli incendi forestali rappresenta il più rilevante sistema di degradazione del suolo forestale anche perché anno dopo anno assistiamo a un preoccupante aumento degli incendi boschivi non solo in Italia e in tutta l'area Mediterranea ma anche in vaste aree del mondo, complici anche i cambiamenti climatici in atto che, oltre a eventi estremi quali le piogge torrenziali, causano anche sempre più frequenti e lunghi periodi di siccità con riflessi tangibili sulla salute dei boschi tanto da

favorire il diffondersi degli incendi e rendere estremamente difficoltoso il loro controllo.

Sempre a causa dei cambiamenti climatici, questi lunghi periodi di siccità sono interrotti da violenti nubifragi che, quando si abbattono sulle pendici forestali interessate da incendi, causano forme di erosione talvolta catastrofiche non solo perché si abbattono su un suolo privo della copertura vegetale e quindi esposto alla violenta azione battente delle piogge ma anche in conseguenza del fatto che il passaggio del fuoco ha deteriorato pesantemente le qualità del suolo, ha drasticamente ridotto la sua capacità di accettazione delle piogge a causa proprio della formazione degli strati idrofobici di cui sopra, rendendolo ancora più vulnerabile all'erosione.

Così, è ampiamente dimostrato nella letteratura internazionale (Shakesby, 2011; Francos et al., 2016) che dopo un incendio boschivo assistiamo sempre a fenomeni erosivi a cominciare dall'erosione laminare diffusa nelle pendici più lievi per arrivare poi all'erosione a rivoli, all'erosione a burroni fino ad arrivare ai catastrofici movimenti di massa con l'aumentare delle pendenze. Tali fenomeni di erosione sono estremamente devastanti non solo per gli ecosistemi forestali ma anche per l'equilibrio fra questi e le interfacce con le aree urbane. Tutto questo impone una corretta previsione dell'erosione del suolo post incendio al fine di mettere in atto opere che nell'immediato siano in grado di regimare le acque superficiali in modo da attenuarne il più possibile gli effetti catastrofici; a questo sarebbe estremamente importante associare progetti di messa in sicurezza preventiva del territorio.

#### UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION (USLE)

Il problema di stimare l'erosione del suolo è tutt'altro che semplice e prevede una complessità di procedure che richiedono continui riferimenti. Nel 1965 Wischmeier e Smith proposero la "Universal Soil Loss Equation (USLE)" per stimare le perdite di suolo per erosione. Nonostante i numerosi aggiustamenti, semplificazioni e modificazioni l'USLE continua ad essere il principale punto di riferimento per la stima dell'erosione del suolo.

L'USLE nella sua originale struttura può essere rappresentata come sequenza moltiplicativa dei seguenti fattori:

$$A=R \cdot K \cdot C \cdot L \cdot S \cdot P$$

dove

- A = quantità di suolo erosa annualmente per unità di superficie;
- R = fattore di pioggia (aggressività delle piogge: si calcola che negli ultimi vent'anni sia aumentata di 10 volte), cioè la capacità dell'impatto della pioggia di distruggere gli aggregati superficiali e di trasportare le particelle disperse;
- K = erodibilità del suolo. È una caratteristica del suolo che rappresenta la suscettibilità alla rottura degli aggregati e al successivo trasporto delle particelle da parte dell'acqua;
- C = copertura vegetale e tecniche colturali;
- L = lunghezza del versante;
- S = pendenza del versante;
- P = tecniche sistematorie. Influenza di eventuali pratiche di controllo dell'erosione.

La risposta del suolo ai processi erosivi è complessa ed è influenzata dalle proprietà del suolo stesso, come la tessitura, la stabilità strutturale, il contenuto di sostanza organica, i minerali argillosi e i costituenti chimici. Comunque, la tessitura è importante nel determinare l'erodibilità (tab. 1).

TESSITURA	SUSCETTIBILITÀ ALL'EROSIONE
Sabbiosi	1 (bassa)
Franco sabbiosi	2
Argillosi, Limoso argillosi, Sabbioso argillosi	3
Franco sabbioso argillosi, Franco limoso argillosi, Franco argillosi	4
Limosi, Franco limosi, Franchi	5 (alta)

Tab. 1 *Erodibilità del suolo. Suscettibilità all'erosione delle classi tessiturali*

#### COMPATTAMENTO

Come già sottolineato, l'erosione idrica, diffusa e incanalata, in seguito agli incendi boschivi rappresenta il più rilevante sistema di degradazione del suolo forestale ma purtroppo lo è anche quando il bosco non è interessato da incendio. Ad esempio, proprio per contrastare l'effetto del diffondersi del fuoco e agevolarne il controllo si realizzano le "cesse" tagliafuoco con lo scopo, appunto, di interrompere la continuità della vegetazione e quindi di frenare l'avanzata del fronte di incendio e molo spesso si realizzano secondo le linee di massima pendenza favorendo così l'insorgere di fenomeni erosivi.

Un'altra causa che, purtroppo, favorisce e incrementa l'erosione dei suoli forestali è rappresentata dal traffico di macchine sempre più pesanti e potenti per la gestione del bosco.

Nella figura 2 è riportato un esempio di danno prodotto in termini di porosità nelle aree interessate dal passaggio di macchine operatrici per le operazioni di gestione del bosco in un suolo sabbioso. Nelle aree compattate la porosità, rappresentata dai pori maggiori di 50 micron di diametro equivalente misurati mediante analisi di immagine su sezioni sottili preparate da campioni indisturbati, scende sotto il valore del 10% indicato come limite per definire un suolo degradato (Pagliai, 1988). Tale diminuzione non si limita solo allo strato superficiale ma interessa anche gli strati sottostanti. Il compattamento, sia in suoli agricoli che forestali, non solo riduce drasticamente la porosità ma modifica anche l'arrangiamento del sistema dei pori. Infatti, la proporzione dei pori allungati di trasmissione, utili per i movimenti dell'acqua e la crescita delle radici (Pagliai et al., 2003), subisce una drastica riduzione nei suoli compattati.

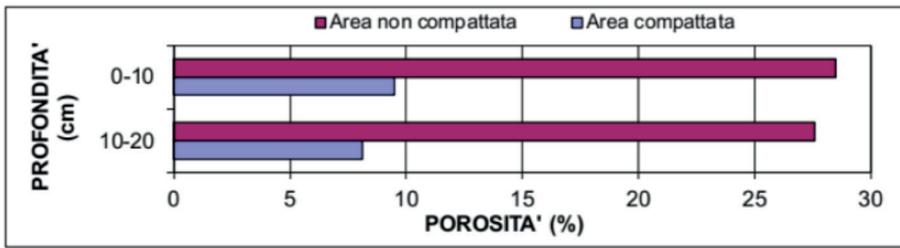


Fig. 2 *Effetto del compattamento, causato dal passaggio di un trattore, sulla porosità di un suolo forestale sabbioso espressa come percentuale dell'area occupata dai pori maggiori di 50 micron per sezione sottile*

Il compattamento è una delle cause principali e, purtroppo, colpevolmente sottovalutate, della degradazione sia dei suoli agricoli, sia forestali, in virtù, soprattutto, dell'impiego di macchine operatrici sempre più potenti e pesanti. Tenendo conto che un'agricoltura di pregio come l'attività forestale si sviluppa in ambienti collinari e montani (soprattutto le foreste), un eccessivo compattamento può portare a una forte degradazione tanto da innescare fenomeni di erosione talvolta catastrofica, eventi franosi o movimenti di massa che, oltretutto, deturpano fortemente il paesaggio.

Effetti simili si hanno anche in seguito al pascolamento e transito di un eccessivo carico di fauna (sia domestica che selvatica).

È chiaro che lo sviluppo sociale ed economico non può essere arrestato, ma deve avvenire nel rispetto dell'ambiente e delle sue risorse, valutando an-

che che a seguito dell'azione dell'uomo l'ambiente, suolo in primis, ha subito forti degradazioni. Occorre quindi conoscere l'ambiente in cui si opera e programmare azioni e interventi finalizzati a raggiungere il giusto equilibrio e l'armonizzazione dei tre pilastri della sostenibilità ambientale, sociale ed economica.

#### LA RESILIENZA DEI SUOLI FORESTALI PERCORSI DA INCENDI

L'evoluzione dei suoli percorsi dal fuoco è di importanza cruciale per una corretta politica di gestione delle aree post incendio.

L'aumento della densità apparente e la diminuzione della porosità, indotte dal passaggio del fuoco, rimangono inalterate per circa un anno dall'incendio, dopo tornano lentamente ai valori pre-incendio.

La tessitura post incendio caratterizzata da un aumento della frazione sabbiosa e una diminuzione di quella argillosa rimane alterata per circa sei mesi. Dopodiché, grazie anche all'azione delle piogge e all'azione solubilizzante delle ceneri liscivate, vengono disaggregate le particelle sabbiose con conseguente loro diminuzione e aumento della frazione argillosa.

L'aumento della stabilità degli aggregati promosso dal passaggio del fuoco rimane inalterato per diverso tempo fino a che l'azione distruttrice e dilavante dell'acqua riduce la stabilità degli aggregati più cementati.

Anche l'aumento del pH dopo l'incendio rimane inalterato per diversi mesi e nel secondo anno ritorna pressoché ai valori iniziali.

Solo dopo un anno si ha un lento ripristino delle condizioni antecedenti l'incendio. Più lento è invece il ripristino della sostanza organica; infatti, dopo il secondo anno si cominciano a registrare nuovi significativi accumuli.

Le ceneri, ricche di minerali, potrebbero avere un effetto fertilizzante del suolo, molto spesso vanificato dai forti fenomeni erosivi.

#### CONCLUSIONI

- Gli incendi boschivi rappresentano la più pericolosa causa di degradazione e di perdita di biodiversità dei suoli forestali. Diventa quindi fondamentale la loro prevenzione.
- È fondamentale la completa conoscenza della risorsa suolo, così come è fondamentale disporre di banche dati aggiornate dei vari tipi di suolo al fine di poter programmare interventi immediati post incendio in grado di regimare le acque superficiali attenuando la loro forza distruttiva.

- Sarebbe opportuno anche programmare interventi preventivi di messa in sicurezza del territorio, soprattutto nelle aree più fragili.
- Occorre anche programmare pratiche di gestione del bosco che tengano in considerazione la vulnerabilità del suolo stesso cercando, per quanto possibile, di attenuare i processi di compattamento sia con l'uso di macchine operatrici più rispettose dell'ambiente, sia anche programmando e controllando un giusto carico di ungulati.
- Per questo è assolutamente necessario educare l'opinione pubblica alle problematiche della conservazione del suolo e persuadere i selvicoltori ad adottare quelle pratiche forestali idonee a prevenire la degradazione del suolo.

#### RIASSUNTO

Il passaggio di incendi causa forti alterazioni delle proprietà fisiche dei suoli, come l'aumento della densità apparente, la diminuzione della porosità, l'aumento della frazione sabbiosa e la conseguente diminuzione di quella argillosa, ma anche delle proprietà chimiche, come la diminuzione del pH e della capacità di scambio cationico ma, soprattutto, ha un forte impatto sulla sostanza organica e sulle proprietà biologiche, in quanto distrugge gli esseri viventi alla superficie del suolo, alterando fortemente l'attività microbica.

La sostanza organica può, infatti, avere una duplice azione e cioè quella di assorbire acqua ma, nei suoli forestali, ha anche proprietà idrofobiche che limitano l'infiltrazione dell'acqua.

Durante il passaggio del fuoco una parte della sostanza organica bruciando evapora mentre un'altra parte si liquefa e migra nel profilo del suolo per poi solidificarsi e cementarsi con le particelle minerali in strati, pressoché paralleli alla superficie, quando il gradiente di temperatura si abbassa. Questi strati sono fortemente idrofobici per cui l'acqua non si filtra ma ruscella in superficie innescando forti fenomeni erosivi. In queste aree, infatti, la capacità di accettazione delle piogge diminuisce drasticamente proprio a causa della idrofobicità della sostanza organica e dell'aumento della frequenza, per effetto dei cambiamenti climatici in atto, di piogge violente che portano a un intensificarsi del ruscellamento superficiale, fino ad arrivare, come conseguenza, a forme di erosione "catastrofiche" e a movimenti di massa. Occorrerebbero, quindi, immediatamente dopo il passaggio di un incendio e nei limiti del possibile, opere di imbrigliamento e di regolazione idrica.

Tali fenomeni erosivi talvolta possono essere accentuati dalla presenza di "cesse" tagliafuoco realizzate secondo la linea di massima pendenza e con fenomeni di compattamento dovuto al passaggio di macchine operatrici, così come dalla viabilità del bosco per consentirne la gestione molto spesso operata con attrezzature troppo pesanti rispetto alla fragilità di quei suoli ma, per una gestione sostenibile, è necessario armonizzare gli aspetti ambientali, sociali ed economici.

## ABSTRACT

*The impact on soil of forest fires.* The passage of fires causes strong alterations of physical properties of soils, such as an increase of bulk density, a decrease of porosity, an increase of the sandy fraction and a consequent decrease of the clayey one, but also of chemical properties, such as a decrease of pH and cation exchange capacity but, above all, it has a strong impact on organic substance and biological properties, as it destroys living organisms on the surface of the soil, strongly altering the microbial activity.

The organic substance can, in fact, have a dual action, namely that of absorbing water but, in forest soils, it also has hydrophobic properties that limit the infiltration of water.

During the passage of fire, a part of the organic substance evaporates while burning while another part liquefies and migrates into the soil profile and then solidifies and cements with the mineral particles in layers, almost parallel to the surface, when the temperature gradient is lowered.

These layers are highly hydrophobic, so the water does not infiltrate but runoff on the surface, triggering strong erosive phenomena. In these areas, in fact, the capacity to accept rains drastically decreases precisely because of the hydrophobicity of the organic substance and the increase in the frequency, due to the climate changes in progress, of violent rains that lead to an intensification of surface runoff, up to arrive, consequently, to forms of "catastrophic" erosion and mass movements. Therefore, immediately after the passage of a fire and as far as possible, harnessing and water management works would be necessary.

These erosive phenomena can sometimes be accentuated by the presence of fire-break strips built according to the maximum slope line and with compaction phenomena due to the passage of operating machines, as well as by the viability of the forest to allow its management very often operated with equipment that is too heavy compared to the fragility of those soils but, for sustainable management it is necessary to harmonize environmental, social and economic aspects.

## BIBLIOGRAFIA

- DE BANO L.F. (1981): *Water repellent soil: a state of art*, «Gen. Tech. Rep-PSW», 46. U.S.D.A. Forest Serv. Berkeley.
- CERTINI G. (2005): *Effects of fire on properties of forest soils: A review*, «Oecologia», 143, pp. 1-10.
- GIOVANNINI G., LUCCHESI S., GIACHETTI M. (1998): *Effect of heating on some physical and chemical parameters related to soil aggregation and erodibility*, «Soil Science», 146, pp. 255-261.
- GIOVANNINI G. (2012): *Fire in agricultural and forestal ecosystems. The effects on soil*, ETS, Pisa, p. 86.
- FRANCOS M., PEREIRA P., ALCANIZ M., MATAIX-SOLERA J., UBEDA X. (2016): *Impact of an intense rainfall event on soil properties following a wildfire in a Mediterranean environment (north- East Spain)*, «Sci. Total Environ.», <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.145>>.
- INBAR M., TAMIR M., WITTEMBER L. (1998): *Runoff and erosion processes after forest fire in Mount Camel, a Mediterranean area*, «Geomorphology», 24, pp. 17-33.

- PAGLIAI M. (1988): *Soil porosity aspects*. International Agrophysics, 4: 215-232.
- PAGLIAI M., MARSILI A., SERVADIO P., VIGNOZZI N., PELLEGRINI S. (2003): *Changes in some physical properties of a clay soil in Central Italy following the passage of rubber tracked and wheeled tractors of medium power*, «Soil Till. Res.», 73, pp. 119-129.
- SHAKESBY R. (2011): *Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: review and future research directions*, «Earth Sci. Rev.», 105, pp. 71-100.
- WISCHMEIER W.H., SMITH D.D. (1965): *Predicting rain-fall-erosion losses from cropland east of Rocky Mountains*, Agricultural Handbook No. 282. United States Government Printing Office.

GIOVANNI BOVIO<sup>1</sup>

## La protezione dagli incendi boschivi: storia, attualità e criticità

<sup>1</sup> già Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA),  
Università degli Studi di Torino

### OBIETTIVO DEL LAVORO

Conoscere la storia della protezione antincendi boschivi (AIB) è assai utile per comprendere a fondo le scelte tecniche e organizzative adottate nel corso degli anni e impostare le azioni da intraprendere oggi evitando alcuni errori del passato.

Per questi motivi si descrivono i criteri su cui si basavano le prime esperienze AIB, e i miglioramenti progressivamente conseguiti negli ultimi 50 anni. Si vuole evidenziare l'evoluzione dell'approccio sia alla previsione ed estinzione degli incendi sia alla loro prevenzione, con particolare attenzione alle caratteristiche dei Piani AIB. Si vuole anche portare l'attenzione su come alcuni aspetti negativi dell'organizzazione, e come talvolta le stesse disposizioni di legge, possano indurre dei peggioramenti.

### GLI ALBORI DELLA MATERIA

In occasione del “Convegno internazionale di selvicoltura”, tenutosi a Roma nel 1926, si evidenziò la necessità di affrontare il problema degli incendi boschivi.

Successivamente con il convegno nazionale “L'incremento del patrimonio forestale e la sua difesa dal fuoco” tenutosi Bergamo nel 1967 si delinearono le attività necessarie per la lotta agli incendi.

Si evidenzia come questo argomento sia stato fin dalle origini una competenza forestale, seguendo il concetto che per evitare i danni da fuoco sia necessario conoscere il bosco e che non sia possibile agire solo con l'estinzione.

Le prime disposizioni specificatamente dedicate agli incendi boschivi derivarono dalla L. 47/75. Prevedeva, come competenza statale, le principali attività di lotta che con il D.P.R. 616/1977 venivano trasferite alle Regioni che promulgarono, a loro volta, specifiche leggi relative alla materia AIB.

#### MEZZI E MODALITÀ OPERATIVE

Si avviarono le prime esperienze nei principali settori della materia, variamente coordinate dai piani AIB che le Regioni avevano il compito di realizzare.

Si iniziò a organizzare l'estinzione con vari attrezzi e mezzi. Si diffusero le attrezzature manuali. Assai frequente era l'uso di pompe spalleggiate manuali. Tra queste, era diffusissima la pompa nota come INDIAN. Assai faticosa da usare, permetteva di ottenere un modesto lancio di acqua per l'attacco diretto a fronti di fiamma di bassa intensità. Le prime esperienze evidenziarono che solo con limitate emanazioni termiche si poteva ottenere con successo l'estinzione.

Per quanto si fossero diffuse le attrezzature manuali spalleggiate, facilmente trasportabili, si evidenziò che l'estinzione dell'incendio nel bosco non aveva solo difficoltà legate all'emanazione termica ma anche alle condizioni ambientali. In particolare la velocità del fronte di fiamma, la pendenza e la permeabilità al transito della copertura vegetale imponevano tecniche e interventi assai differenziati. L'attacco diretto si dimostrò, nella maggioranza dei casi, difficile da attuare anche a dispetto dell'aumento dell'efficienza di strumenti e mezzi AIB.

Si faceva frequente uso del controfuoco con cui si contenevano anche incendi vasti. Tuttavia l'applicazione di questa tecnica di attacco indiretto era possibile solo con personale esperto e con coordinamento efficace.

Per aumentare la capacità di estinzione successivamente si usarono attrezzature autotrasportate. Si diffusero dei moduli formati da motore-pompa-naso-serbatoio, ospitati su mezzi fuori strada o trainati su rimorchio.

Per raggiungere il fronte di fiamma, nella quasi totalità dei casi, bisogna transitare sulla viabilità forestale. Conseguenza a questo fatto che possono essere usati solo mezzi agili e di piccola dimensione. Pertanto i moduli non superavano i 500 kg.

Vennero anche usate autobotti fuoristrada, tuttavia la loro maggiore capacità di trasporto era vanificata dalla minore possibilità di raggiungere gli ambienti forestali.

Per questi motivi si cominciò ad affiancare mezzi aerei a quelli terrestri. Inizialmente si impiegavano elicotteri che, anche senza trasportare carichi superiori a quelli degli automezzi fuori strada, avevano l'indubbia utilità di raggiungere in tempi brevi qualunque luogo.

Inizialmente gli elicotteri avevano serbatoi integrati nella cellula dell'aeromobile stesso. Pertanto il riempimento poteva avvenire solo a terra tramite pompe e in prossimità di invasi di acqua. Lo scarico avveniva per gravità.

Merita di essere ricordata l'attrezzatura elitrasportata consistente in lance collocate sui pattini dell'elicottero e movimentate da appositi motori elettrici per lanciare acqua, o schiumogeno, attingendo a un serbatoio integrato. In tale modo si garantiva la massima precisione del lancio poiché l'elicottero poteva operare fuori della colonna di convezione dell'incendio, senza essere investito dal calore e impedito dal fumo, dirigendo sulle fiamme l'estinguente. Questa attrezzatura si diffuse poco poiché il serbatoio integrato limitava la possibilità di trasportare personale e si preferirono quindi le attrezzature trasportate al gancio baricentrico dell'aeromobile.

Altrettanto interessante fu un particolare modulo, noto come BLITZ, composto da motore pompa-naspo-serbatoio, analogo a quelli su automezzi ma progettato per essere elitrasportato. Il serbatoio di 500 litri era dotato di "zampe" capaci di garantire l'atterraggio e la stabilità su terreni scoscesi. Con 3, 4 (o più) BLITZ l'elicottero, facendo la spola, garantiva il continuo rifornimento alle squadre nel bosco permettendo l'attacco diretto anche oltre 500 kW/m. In tale modo l'intervento era analogo a quello con automezzi in prossimità di strade. Si lavorava anche sotto le chiome degli alberi essendo possibile calare il modulo trasportato al gancio baricentrico con cavo fino a 25 m. Così si ottimizzava anche il lavoro dell'elicottero che in un primo tempo trasportava le squadre e successivamente garantiva il loro rifornimento. Il Blitz si impiegò spesso per la bonifica ma si diffuse solo dove si poteva disporre di un eccellente coordinamento delle operazioni.

Successivamente si diffuse la benna, che si riempiva per affondamento, trasportata al gancio baricentrico dell'aeromobile. Si evidenzio la necessità di disporre di punti di rifornimento idrico a dotazione del territorio, collocati con densità proporzionale alla predisposizione agli incendi. Presto si percepì che la massima utilità del rifornimento degli elicotteri, ma anche dei mezzi terrestri, veniva offerta non da invasi grandi ma numerosi e di piccola capacità, eventualmente alimentati con una portata sufficiente ad assicurare il riempimento delle benne e permettere agli elicotteri sufficienti rotazioni di lancio. Infatti il numero orario di scarichi non deve scendere sotto valori ottimali che, a giudizio del coordinatore delle operazioni di spegnimento, garantiscono il corretto rendimento dell'operazione. Pertanto si diffusero vasche, della capacità di pochi m<sup>3</sup>, leggere, facili da trasportare, montare e riempire in corrispondenza dell'alimentazione idrica più prossima alla zona operativa. In tale modo si evitò all'aeromobile di coprire inutilmente distanze planimetriche e altimetriche.

Gli elicotteri erano prevalentemente gestiti dalle Regioni mentre per gli eventi più impegnativi iniziò l'uso di aeromobili ad ala fissa come il C130 e G222 dell'Aeronautica Militare. Successivamente si adottò il CL 215 della Canadair, inizialmente affidato al Corpo Forestale dello Stato, successivamente con varie soluzioni gestionali fino alla configurazione attuale di questi mezzi.

## L'AVVISTAMENTO

Con l'evoluzione del servizio AIB si organizzò l'avvistamento, ritenendo che la segnalazione dei cittadini non fosse sufficientemente affidabile. Soprattutto in periodi di elevata probabilità di innesco e diffusione, veniva attivato per individuare i focolai iniziali e segnalarne, in tempo reale, sia la posizione sia le potenzialità di eventuale sviluppo in incendio.

Si attuarono vari tipi di avvistamento mobile. Da terra con avvistatori che transitavano in percorsi prestabiliti con comuni mezzi stradali, oppure dall'aria con aeromobili leggeri.

Si tentò anche di organizzare il cosiddetto avvistamento armato con aeromobili capaci di trasportare un carico di estinguente da lanciare sul focolaio avvistato. A tale scopo si propose l'aeromobile noto come DROMADAIR usato per lavori agricoli ma questo mezzo non si diffuse.

In qualche caso, come in Lombardia, in periodi di massima pericolosità, l'avvistamento con aeromobili tipo Piper fu affiancato a postazioni fisse. In generale il costo elevato dell'avvistamento aereo ne limitò la diffusione.

Si affermò invece l'avvistamento da punti fissi panoramici, attrezzati per ospitare osservatori oppure apparecchiature per trasmettere immagini. Di questo ultimo tipo vennero realizzati nel 1979 in Piemonte i primi impianti televisivi a circuito chiuso. Si basavano su una telecamera remota telecomandata che poteva effettuare movimenti zenitali e azimutali oltreché variare l'ampiezza del campo osservato. L'operatore teneva sotto controllo una vasta area direttamente dalla sala operativa senza la necessità che addetti all'osservazione permanessero in punti remoti, aspetto particolarmente importante nei periodi invernali. La trasmissione dei segnali avveniva attraverso la linea telefonica, pertanto le immagini, in bianco e nero, ricevute nella sala operativa non erano istantanee ma si formavano a intervalli temporali tipici dei sistemi noti come "Video lento". Questi dispositivi di oltre 40 anni fa, che oggi possono apparire rudimentali, offrivano soddisfacenti risultati.

Un'evoluzione dell'avvistamento avvenne con l'introduzione di sensori a raggi infrarossi capaci di rilevare le emanazioni infrarosse dei corpi caldi. Di-

veniva così possibile rendere automatici gli impianti che pertanto non richiedevano più la continua presenza di un osservatore.

Furono anche realizzati impianti che all'avvistamento affiancavano modelli per simulare il propagarsi dell'eventuale incendio. Questi impianti erano assai complessi e costosi.

Prima di giungere alle caratteristiche degli attuali sistemi di avvistamento si percepì che l'aumentata complessità non corrispondeva a proporzionali miglioramenti.

#### LA PREVISIONE DEL PERICOLO DI INCENDIO

Come è noto la frequenza degli incendi aumenta con l'accentuarsi dei fattori predisponenti, soprattutto meteorologici. Per l'ottimale organizzazione dell'avvistamento e degli interventi di estinzione, fu opportuno prevedere la probabilità di inizio e di diffusione dei focolai.

In tutta Italia si faceva riferimento al metodo ministeriale italiano di previsione di pericolo. Si basava su un indice di aridità elaborato in funzione delle precipitazioni e della loro collocazione temporale, della velocità del vento, dell'umidità e della temperatura dell'aria. Questo metodo era analogo ad altri simili messi a punto in realtà ambientali accomunate da incendi estivi. Poteva essere applicato con dati facilmente rilevabili ed era stato concepito per funzionare con elevata temperatura dell'aria. Pertanto in inverno nelle regioni alpine, quando la frequenza di incendio è massima, i risultati non erano soddisfacenti. Per questo fu introdotto, per le aree con incendi a maggiore frequenza invernale, il metodo IREPI (Indice di Riduzione Evapotraspirazionale di Pericolo di Incendio) basato su un bilancio idrico (Bovio et al., 1984).

Si evidenziò anche che le caratteristiche del territorio dovevano essere prese in considerazione per la scelta del metodo di previsione. A tale scopo vi furono numerose esperienze per confrontare vari metodi adatti all'ambiente alpino (Marcozzi et al., 1994; Viegas et al., 1994).

Successive ricerche hanno evidenziato che il metodo canadese di previsione di pericolo era assai affidabile in tutte le realtà territoriali, perciò si diffuse nella maggioranza delle applicazioni attuali. Si evidenziò altresì che un'affidabile previsione di pericolo di incendio oltre che per informare e preallertare l'estinzione è anche utile per indirizzare gli interventi selvicolturali di prevenzione. Questo legame è assai evidente con il fuoco prescritto per la cui applicazione serve una precisa conoscenza dei parametri del pericolo di incendio per prevedere il comportamento del fronte di fiamma (Bovio e Ascoli, 2013).

## IL PROGRESSIVO AUMENTO DELLE CONOSCENZE

Per approfondire le conoscenze scientifiche inerenti agli incendi, fin dagli anni '70, si svilupparono numerose ricerche. Si prendeva spunto dal modello del Nord America. Dall'inizio degli anni '80 presso le università italiane furono istituiti corsi specifici di "Protezione dagli Incendi Boschivi". Negli stessi anni si condussero ricerche specifiche sulla selvicoltura preventiva, sul fuoco prescritto, sulla simulazione del comportamento dell'incendio. Si analizzò l'effetto del fuoco sulla vegetazione (Saracino e Leone, 1991), la ricostituzione dei boschi danneggiati e la possibilità di sopravvivenza degli alberi (Lovreglio et al., 1999).

Numerosi progetti di ricerca finanziati della UE approfondirono molti aspetti necessari per la lotta agli incendi come la descrizione dei combustibili, i caratteri ecologici legati al fuoco e i sistemi di supporto alle decisioni.

Si approfondì la conoscenza sulla previsione del comportamento del fronte di fiamma con particolare riferimento alla quantità di calore emanata nell'unità di spazio e nell'unità di tempo. Essa è correlata alla velocità di propagazione che a sua volta è legata alla pendenza e varia per i diversi combustibili. Appositi studi hanno approfondito la relazione tra l'inclinazione del suolo e le possibili interazioni con il vento (Viegas et al., 1998).

Queste informazioni sono essenziali per le decisioni sia di estinzione sia pianificatorie e progettuali.

Inoltre l'evoluzione dell'approccio al bosco riconosciuto come sistema complesso ha originato cambiamenti teorici e pratici della selvicoltura (Ciancio e Nocentini, 1999).

Progressivamente emerse come la protezione dagli incendi sia legata alla pianificazione all'assestamento forestale e alla selvicoltura. Si è lentamente avviata la trasformazione del sistema di estinzione antincendi boschivi da un'impostazione «di attesa» (Leone, 1988) a organizzazione con interventi concepiti in stretto rapporto con la prevenzione. Questo fatto porta con sé che la difesa dal fuoco debba essere realizzata avendo valutato, su ogni punto del territorio, l'entità del problema e che si evolvano anche i criteri con cui è elaborato il piano antincendi.

## LA PIANIFICAZIONE AIB

Una particolare evoluzione si è verificata nei piani antincendi boschivi intesi come strumento per collocare nel tempo e nello spazio gli interventi di difesa del bosco dal fuoco, avvalendosi di concetti scientifici.

Inizialmente, con la legge nazionale n. 47/75 oggi abrogata, fu previsto che le Regioni elaborassero il Piano Regionale per la Difesa del Patrimonio Boschivo dagli Incendi. Successivamente la L. 353/2000 confermò che da parte delle Regioni si approvasse il piano regionale per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi.

I primi piani normalmente prevedevano l'analisi delle caratteristiche del territorio su cui estendere i provvedimenti e la sua probabilità di essere percorso da incendio. Si descrivevano i boschi, indicando gli interventi di prevenzione, estinzione e ricostituzione degli ecosistemi danneggiati dal fuoco. Si definivano varie aree omogenee che venivano collocate in scala ordinale per priorità di intervento. Il criterio di pianificazione generalmente seguito era il *Fire control* per il quale si ipotizza di intervenire per contenere ogni incendio ritenendolo sempre e comunque dannoso.

Successivamente, soprattutto alla luce della vasta produzione scientifica, si è evidenziato che la gravità non è costante ma molto variabile a seconda della severità e del comportamento dell'incendio nonché della vulnerabilità dell'ecosistema forestale.

Inoltre si è constatato che una limitata frequenza di incendi di piccole dimensioni e non dannosi può essere considerata fisiologica.

Dagli anni 2000 si affermò il criterio della “superficie percorsa ammissibile annua” che definisce la frazione del territorio sottoposto a pianificazione sulla quale si ritiene possa essere accettato il verificarsi di incendi. Il non superare questa superficie si configura come un risultato parziale corrispondente al massimo realisticamente raggiungibile nei tempi previsti con i provvedimenti attuati. Più si ritiene grave il passaggio del fuoco e tanto più dovrà essere contenuta la “superficie percorsa ammissibile annua”. Per rispettarla è necessario ridurre il numero degli incendi che mediamente si verificano accettandone un parziale contenimento da realizzare attraverso una “Riduzione Attesa di Superficie Media Annuale Percorsa” (RASMAP). Questa riduzione si configura anche come un metodo che definisce quantitativamente gli interventi da realizzare (Bertani e Bovio, 2020).

Con il piano AIB si devono contenere il più possibile gli incendi, tuttavia considerate le loro caratteristiche, le opere da attuare e la disponibilità finanziaria sarà opportuno ipotizzare un obiettivo effettivamente raggiungibile. L'ipotesi troppo ambiziosa di evitare tutti gli incendi è difficilmente ottenibile nel periodo di validità del piano anche disponendo di finanziamenti consistenti. Questi concetti sono propri dell'impostazione pianificatoria del *Fire management* con cui si ritiene opportuno affrontare la gravità e la pericolosità degli eventi accettando che il territorio considerato possa sopportare

una quantità di incendi non dannosi la cui dimensione deve essere definita nell'ambito della pianificazione.

In molti piani si è seguita l'impostazione del *Fire management* abbandonando definitivamente quello di *Fire control* (Bovio e Marchi, 2010). Si è altresì evidenziata l'opportunità di contenere soprattutto gli incendi che superano un determinato valore critico (Bovio, 2019) e che si configurano come eventi estremi.

Tuttavia, con l'evoluzione degli strumenti per ottenere informazioni territoriali, a dispetto della sempre maggiore raffinatezza descrittiva, non sempre si è verificato un miglioramento della pianificazione. Infatti un'analisi attenta dei piani, oggi in vigore, evidenzia elaborati concettualmente corretti e altri assai carenti. In questi ultimi, generalmente si pone attenzione alla descrizione territoriale e all'analisi del rischio mentre non sempre si definiscono in modo quantitativo gli obiettivi. Questi talvolta sono indicati solo con generiche descrizioni qualitative. In tale modo le indicazioni fondamentali su ciò che si deve ottenere sono vaghe e non certo sufficienti per procedere operativamente.

Per contro vi sono ottimi piani in cui dopo un'approfondita analisi del rischio si passa alla determinazione quantitativa degli obiettivi. Ciò comporta che si indichi la dimensione e la collocazione spaziale e temporale degli interventi previsti e che si definisca per ognuno di essi il prevedibile effetto. Per realizzare questi passi talvolta si applica il metodo della RASMAP, come avviene per i parchi nazionali secondo apposita normativa del Ministero della transizione Ecologica ([mite.gov.it](http://mite.gov.it)).

Se il pianificatore non ritiene di usare il metodo della RASMAP, può percorrere altre strade per la definizione quantitativa degli obiettivi. Questo essenziale passo pianificatorio tuttavia comporta una specifica analisi e un lavoro che talvolta purtroppo si preferisce evitare. Infatti si osserva che in alcuni piani, nelle stesure precedenti a quella in vigore si disponeva della definizione quantitativa degli obiettivi successivamente solo più indicata in modo descrittivo nella revisione alla scadenza del periodo di validità.

Questa tendenza a seguire approcci pianificatori semplificati ha un rapporto con le recenti disposizioni di legge. Infatti il D. Lgs 177/2016 con il quale il Corpo forestale dello Stato veniva assorbito nell'Arma dei Carabinieri, ha anche attribuito al Corpo nazionale dei Vigili del Fuoco le competenze in materia di lotta attiva contro gli incendi boschivi e spegnimento con mezzi aerei.

Di conseguenza l'approccio agli incendi è sempre più basato sull'estinzione condotta con l'impostazione e con i mezzi dei VV.F. La loro organizzazione strutturata e assai efficace viene spesso ritenuta sufficiente contro ogni tipo di incendio. Questo fatto ha anche influenzato la mentalità dei pianificatori che tendono a sopravvalutare l'estinzione a scapito della prevenzione.

La L. 155/2021 «Disposizioni per il contrasto agli incendi boschivi e altre misure urgenti di protezione civile» ha previsto aspetti indubbiamente positivi quali la definizione di interfaccia urbano-rurale, la considerazione del fuoco prescritto e del controfuoco. Positivo anche il prevedere un comitato tecnico per la lettura sinottica piani AIB. Il loro uniformarsi e l'eliminazione di errori può rappresentare un considerevole miglioramento alla condizione che non prevalga l'errata convinzione che si possano affrontare tutti gli eventi con l'estinzione e ritornare ai piani AIB con l'impostazione pianificatoria del *Fire control*. Questo rischio è concreto anche considerando che la L. 155/2021 ha destinato risorse quasi esclusivamente per l'estinzione. Infatti le sole attenzioni al territorio sono previste per le aree interne SNAI (Strategia Nazionale Aree Interne) che tuttavia non sempre sono quelle più soggette a incendi frequenti e gravi.

Questo fatto sottolinea la sempre maggiore importanza che i piani AIB trattino la prevenzione descrivendo precisamente gli interventi e il loro risultato atteso. Infatti se il piano offre le indicazioni quantitative, precisamente descritte nella loro collocazione temporale e spaziale indicando il corrispondente costo è ipotizzabile realizzare la prevenzione. Se per contro il piano indica solo in modo generale gli interventi preventivi senza distinguere come e dove serve realizzarli, soprattutto contro gli incendi estremi, si affida tutta l'attività AIB all'estinzione. Questo fatto è assai rischioso ed errato. Infatti si ritiene che il possibile contenimento degli incendi a cominciare da quelli più gravi e comunque oltre il valore critico, passi attraverso la disponibilità di piani AIB corretti e applicati. Ciò comporta che l'estinzione possa appoggiarsi alle azioni preventive realizzate sul territorio. In tale modo si attuerebbe una sinergia indispensabile tra prevenzione ed estinzione. Se questi due settori della lotta AIB, per contro, agiscono senza collegamento, limitare il fuoco è assai difficile. Impossibile se si ritiene che l'estinzione possa affrontare gli eventi estremi che avvengono periodicamente, numerosi e contemporanei. Per il loro comportamento non sono affrontabili a dispetto delle più organizzate strutture di estinzione.

Questi fatti sottolineano come i piani AIB debbano essere lo strumento fondamentale per le attività AIB e che debbano essere tracciati anche in rapporto alla Strategia forestale nazionale elaborata in attuazione del D. Lgs 34/2018.

## CONCLUSIONI

L'evoluzione della materia antincendi in Italia negli ultimi decenni è stata caratterizzata da considerevoli migliorie. Nello stesso periodo è variata anche

la gestione del bosco sempre più considerato un sistema complesso con valore maggiore rispetto ai prodotti che fornisce.

La difesa del patrimonio forestale dagli incendi si è evoluta con l'aumento delle conoscenze. Inoltre si è affermata la convinzione, e le esperienze lo hanno confermato, che il successo della lotta agli incendi passi attraverso la sinergia tra prevenzione ed estinzione. Esse separatamente ottengono scarsi risultati.

La storia degli interventi e degli strumenti realizzati evidenzia che sono state attuate numerose soluzioni anche molto raffinate. Esse tuttavia se destinate ad agire isolatamente non portano a risultati concreti.

Pertanto l'incremento di mezzi, soprattutto aerei, non può essere risolutivo contro incendi a maggior ragione se numerosi o estremi. Questi per comportamento ed emanazione termica non sono contenibili se non dove si sia attuata la prevenzione selvicolturale. Tutti gli interventi devono essere coordinati dai piani AIB che ne definiscano la dimensione e la collocazione spaziale e temporale.

In particolare l'analisi delle caratteristiche del bosco, della sua vulnerabilità e la conseguente applicazione della selvicoltura preventiva permetterà maggiore efficacia anche all'estinzione.

Per contro il sottovalutare i piani AIB sia nella realizzazione sia nella applicazione comporta che si ampli sempre più il divario tra prevenzione ed estinzione.

Un vero miglioramento della lotta agli incendi può derivare da piani AIB effettivamente applicabili, che descrivano quantitativamente gli interventi di prevenzione.

## RIASSUNTO

Conoscere la storia della protezione antincendi boschivi (AIB) è utile per comprendere le scelte tecniche e organizzative adottate in passato e per impostare correttamente le azioni da intraprendere oggi.

Per questi motivi si descrivono alcune significative esperienze di organizzazione AIB e i miglioramenti progressivamente conseguiti negli ultimi 50 anni.

Si evidenzia: l'evoluzione degli approcci sia di prevenzione ed estinzione sia di prevenzione nonché l'aumento delle conoscenze maturate con specifiche ricerche e nei corsi di laurea in scienze forestali.

Si pone particolare attenzione ai Piani AIB di competenza regionale.

Emerge come, anche dopo molte esperienze, alcune scelte o impostazioni siano negative. In particolare il generale prevalere dell'estinzione sulla prevenzione comporta che non si realizzino le condizioni per evitare la diffusione degli incendi. Tra essi, soprattutto quelli estremi, non sono contenibili con successo. Anche le recenti disposizioni rivolgono grande risalto all'estinzione. Si esprimono proposte correttive.

## ABSTRACT

*Protection from forest fires: history, current situation y and critical aspects.* The history of forest fire protection (AIB) is useful to understand the technical and organizational choices made in the past and to set the proper actions to be taken today.

For these reasons, we describe some significant experiences of AIB organization and the improvements achieved in the last 50 years.

The evolution of the approaches to forecasting and extinction as well as to prevention. Is highlighted, as well as the importance of knowledge increasing gained through special research and in forestry science degree courses.

Particular attention is given to the AIB Plans of regional competence.

We point out that, even after many experiences, some choices and approaches still remain critical. In particular, the general prevalence of extinction over prevention measures means that the conditions to avoid the spread of fires are not met. Fires, especially extreme ones, cannot be successfully contained. Recent regulations also place great emphasis on extinction. Corrective proposals are expressed.

## BIBLIOGRAFIA

- BERTANI R., BOVIO G. (2020): *Nuovo schema di piano e manuale applicativo per la redazione dei Piani Anti Incendio Boschivo dei Parchi Nazionali*, «L'Italia Forestale e Montana», 75 (4), pp. 173-183, <<https://doi.org/10.4129/ifm.2020.4.01>>.
- BOVIO G., ASCOLI D. (2013): *La tecnica del fuoco prescritto*, Aracne editrice, Aprilia (LT), pp. 265.
- BOVIO G. (2019): *Incendi: dal rischio alla gestione forestale*, in *Rischi ambientali e cambiamenti climatici: il vento e il fuoco in rapporto alla gestione forestale e del verde urbano*, «I Georgofili. Quaderni», II, 2019, pp. 51-61.
- BOVIO G., MARCHI E. (2010): *Silviculture: forest fires, grazing*, «L'Italia Forestale e Montana», 65 (2), pp. 217-221.
- BOVIO G., QUAGLINO A., NOSENZO A. (1984): *Individuazione di un indice di previsione per il pericolo di incendi boschivi*, «Monti e Boschi», 35, 4, pp. 39-44.
- CIANCIO O., NOCENTINI S. (1999): *La gestione forestale sistemica e la conservazione della biodiversità*, «L'Italia Forestale e Montana» 54, 4, pp. 165-177.
- LEONE V. (1988): *Aspetti e limiti dell'attuale dispositivo difensivo contro gli incendi boschivi*, «Cellulosa e Carta», 5, pp. 15-23.
- LOVREGGIO R., FIDANZA F., LEONE V. (1999): *Un modello per la stima della sopravvivenza post-incendio in Pinus halepensis Mill*, «L'Italia Forestale e Montana», 54, 4, pp. 178-190.
- MARCOZZI M., BOVIO G., MANDALLAZ D., BACHMANN P. (1994): *Influenza della meteorologia sull'indice di pericolo degli incendi boschivi nel Canton Ticino*, «Rivista Forestale Svizzera», 145, 3, pp. 183-199.
- SARACINO A., LEONE V. (1991): *Osservazioni sulla rinnovazione del Pino d'Aleppo (Pinus halepensis Mill.) in soprassuoli percorsi dal fuoco. I. La disseminazione*, «Monti e Boschi», 6, pp. 39-46.
- VIEGAS D., SOL B., BOVIO G., NOSENZO A. AND FERREIRA A. (1994): *Comparative study*

- of various methods of fire danger evaluation in southern Europe*, Proceeding 2nd International Conference on Forest Fire Research Coimbra, November 1994, pp. 571-590.
- VIEGAS D. X., RIBEIRO P. R., MARICATO L. (1998): *An empirical model for the spread of a fireline inclined in relation to the slope gradient or to wind direction*, in 3rd International Conference on Forest Fire Research, Louso-Coimbra, pp. 325-342.

### *Siti*

- Ministero della Transizione Ecologica (mite.gov.it). Attività antincendi boschivi
- Ministero della Transizione Ecologica(mite.gov.it). Manuale\_schema\_Piano\_AIB\_PN\_ottobre2018.pdf
- Ministero della Transizione Ecologica (mite.gov.it). SCHEMA D I PIANO (mite.gov.it)

ANTONIO SARACINO<sup>1</sup>

## La ricostituzione delle aree percorse dal fuoco e il ripristino dei servizi ecosistemici in ambiente Mediterraneo

<sup>1</sup> Dipartimento di Agraria, Università degli Studi di Napoli Federico II

### IL CONTESTO MEDITERRANEO DEGLI INCENDI

Nell'Europa mediterranea la struttura attuale del paesaggio è il risultato dei cambiamenti socioeconomici occorsi a partire dagli anni Cinquanta del secolo scorso. In questo periodo storico si è assistito a un diffuso spopolamento delle aree morfologicamente ed economicamente marginali, con interruzione degli usi del suolo agricolo e pastorale. Contestualmente, si è assistito all'espansione urbana e residenziale nelle aree pianeggianti costiere e subcostiere che ha eroso spazio all'agricoltura intensiva e specializzata. Le dinamiche innescate dall'esodo rurale possono essere sintetizzate portando ad esempio quanto avvenuto in Campania nel periodo 1960-2000 (Di Gennaro e Innamorato, 2005): i processi di successione secondaria innescati dall'abbandono delle attività agricole, hanno incrementato i boschi e i cespuglieti in aree montane (+47%) insieme a un contestuale incremento esponenziale della superficie urbanizzata nelle aree costiere e subcostiere (+321%). Sebbene a scala regionale le dinamiche temporali e le traiettorie degli usi del suolo possano differenziarsi, i tratti comuni del paesaggio mediterraneo europeo attuale riguardano l'aumento della connettività e del carico di combustibile e l'espansione lineare delle aree di interfaccia vegetazione-urbano.

Le formazioni vegetali mediterranee, soprattutto nel periodo estivo caldo e secco, sono danneggiate in vario grado dagli incendi, in funzione delle caratteristiche del combustibile e delle condizioni meteorologiche locali prima e durante l'incendio, sempre più frequentemente esacerbate dagli eventi estremi e dai cambiamenti climatici. La topografia alquanto complessa che caratterizza il paesaggio mediterraneo è un altro fattore che condiziona il livello del danno arrecato dagli incendi.

Le specie delle comunità di vegetazione mediterranea, nelle loro traiettorie evolutive hanno sviluppato meccanismi adattivi e strategie di sopravvivenza al disturbo del fuoco variegati e differenti (Bond e van Wilgen, 1996). Le specie arboree e arbustive che dominano la vegetazione mediterranea sono altamente resilienti al fuoco perché in grado di reiterare la porzione epigea distrutta dal fuoco mediante ricacci, oppure rinnovarsi mediante semi. In questi ecosistemi il fuoco controlla l'età e la struttura della vegetazione, ciò significa che la vegetazione non dipende solo dal clima, ma anche dal regime dell'incendio (per es. il tempo di ritorno sulla stessa superficie), a sua volta dipendente dalle attività umane (Keeley et al., 2012).

#### LA SEVERITÀ DI INCENDIO

La severità indica l'entità del cambiamento causato dall'incendio sulla comunità vegetale, rispetto alla sua condizione pre-incendio. La severità di incendio definisce la quantità di biomassa epigea e ipogea consumata dall'incendio che induce alterazioni biologiche, fisiche e chimiche con modificazioni di breve e lungo termine dei processi e del funzionamento dell'ecosistema forestale (Keeley, 2009). Gli effetti degli incendi quantificati mediante la severità sono per es. relativi alla mortalità degli alberi dello strato dominante, descritta in termini di area basimetrica rimossa, alla riduzione della copertura delle chiome verdi, alla percentuale di rami vivi e morti rimasti nella chioma. In questo contesto, il *composite burn index* (CBI; Key e Benson, 2006) è utilmente impiegato come misura quali-quantitativa di campo per la stima e la classificazione della severità di incendio sperimentata da una cenosi forestale. Il protocollo di campo CBI scompone il profilo verticale della comunità forestale in cinque strati, tre dei quali appartengono allo strato arbustivo e due allo strato arboreo. Diversi attributi della comunità post-incendio, come il consumo di lettiera e legno morto, la percentuale di alterazione del fogliame e l'altezza di scottatura sul fusto sono stimati visivamente e classificati con scale numeriche per strato. Il più recente *geometric composite burn index* (GeoCBI; De Santis et al., 2009), è stato proposto come indice alternativo al CBI, perché estratto in modo più veloce e meno oneroso da dati telerilevati, anziché da rilievi in campo. Il GeoCBI, rispetto al CBI, tiene conto di due attributi della copertura vegetale: della frazione di copertura vegetale (FCOV) di ciascuno dei cinque strati e della variazione dell'indice di area fogliare (LAI), esclusivamente degli strati intermedio e dominante. Quindi, utilizzando poche misure quali-quantitative rappresentative degli attributi biofisici post-incendio, il GeoCBI consente di classificare gli effetti degli in-

cendi mediante quattro classi di severità: i) bassa, ii) moderatamente bassa, iii) moderatamente alta e iv) alta.

Dal punto di vista ottico la vegetazione bruciata mostra una drastica riduzione nella riflettanza dello spettro del visibile e dell'infrarosso vicino (lunghezze d'onda: 0.4-2.5  $\mu\text{m}$ ). La magnitudo del cambiamento della riflettanza è associata al grado di severità dell'incendio ed è catturata da remoto come variazione dell'indice spettrale prima e dopo l'incendio (*normalized delta burn ratio*, dNBR; Lentile et al., 2006). Per rappresentare correttamente su mappa digitale la variabilità spaziale della severità di incendio, è opportuno calibrare la variazione dell'indice di riflettanza da remoto, mettendola in relazione con le classi di severità stimate in campo. Le più appropriate soglie dNBR così ottenute saranno utilizzate nella classificazione della severità di incendio stimata da remoto.

#### A COSA SERVE LA MAPPA DELLA SEVERITÀ DI INCENDIO

Dopo l'incendio, la rappresentazione della severità del danno su mappa digitale a scala adeguata è la prima informazione indispensabile per programmare gli interventi di ricostituzione e restauro ambientale, prodromici al ripristino dei servizi ecosistemici. La mappa della severità è oltremodo utile a rappresentare nello spazio la severità mista che caratterizza gli effetti di tutti gli incendi della vegetazione mediterranea (DellaSala et al., 2015). I soprassuoli risultati più resistenti al fuoco, e quindi mappati come severità bassa, forniscono informazioni utili per le successive attività di restauro. Ovviamente, la maggiore resistenza passiva al fuoco manifestata da alcune specie durante l'incendio potrebbe essere dovuta al maggiore spessore della corteccia o, a parità di condizioni stazionali, al differente contenuto idrico nei tessuti vegetali; la maggiore resistenza di un tratto di soprassuolo potrebbe anche essere concomitante con azioni selvicolturali preventive volte alla riduzione del combustibile e alla modificazione del suo arrangiamento spaziale nel profilo verticale.

Nella figura 1 (pannello sinistro) è riportato, a titolo di esempio, la mappa della severità degli incendi occorsi nell'estate 2017 nel Parco Nazionale del Vesuvio (Saulino et al., 2020). La severità alta (H) e medio alta (MH) ha interessato soprattutto le pendici meridionali del vulcano, mentre sui versanti settentrionali più freschi ha dominato la severità bassa (L) e moderatamente bassa (ML). Questa variabilità spaziale della severità, sovrapposta alla carta delle tipologie forestali, ha evidenziato che sui versanti meridionali dominano i rimboschimenti di conifere (in prevalenza di pino domestico e in misura minore di pino marittimo), mentre i cedui di castagno e di altre latifoglie deci-

due e sempreverdi (roverella, leccio, robinia, ecc.), sono prevalenti sui versanti settentrionali. In altre parole la severità alta ha interessato quasi esclusivamente soprassuoli di conifere (86%) e in minor misura soprassuoli di latifoglie e arbusteti (14%). All'opposto, la severità bassa ha riguardato prevalentemente soprassuoli di latifoglie (60%), e in minor misura di conifere (23%) e arbusteti (16%), come si desume dal pannello destro della figura 1.

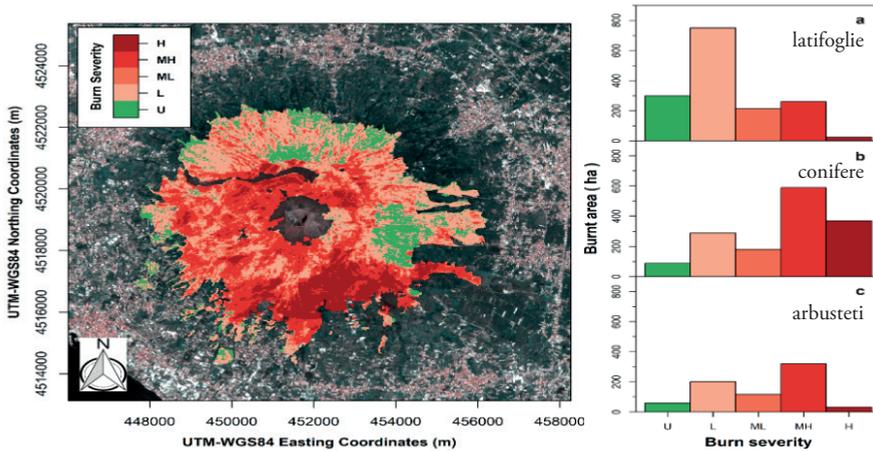


Fig. 1 Nel pannello di sinistra è riportata la mappa della severità di incendio del Parco Nazionale del Vesuvio dopo gli incendi estivi del 2017; H, MH, ML, L, e U corrispondono rispettivamente alle classi di severità di incendio Alta, Moderatamente alta, Moderatamente bassa, Bassa e Non bruciato. Nel pannello di destra compare la superficie percorsa dal fuoco (in ha) in funzione delle principali categorie forestali e delle classi di severità dell'incendio (da Saulino et al., 2020)

La mappa della severità rappresenta anche il supporto fondamentale per pianificare gli interventi di ricostituzione e restauro post-incendio. Combinata con il modello di elevazione digitale del terreno, consente di individuare le aree a elevata severità di incendio dove si concentreranno i primi interventi di emergenza di messa in sicurezza, perché a rischio di erosione del suolo o perché aree di interfaccia e/o a elevata frequentazione umana.

Nella fase di emergenza post-incendio, una buona prassi da adottare e da tramutare in norma, è la costruzione di sbarramenti superficiali utilizzando tronchi e ramaglia proveniente da piante uccise dal fuoco e materiale lapideo, tutti reperiti in situ. Gli sbarramenti sono efficaci nell'ostacolare il deflusso e intrappolare i sedimenti ricchi di ceneri e i semi della banca del suolo

(Gómez-Sánchez et al., 2019). Lungo i versanti più acclivi, in corrispondenza di impluvi e tagli stradali, gli sbarramenti diventano indispensabili quando sottendono elementi antropici a rischio.

La mappa della severità di incendio rappresenta anche il supporto per la gestione puntuale dei soprassuoli percorsi dal fuoco. Il grado di severità e la densità della rinnovazione da seme e da ricaccio rilevabili nel primo inverno dopo il passaggio del fuoco, sono un'utile guida nelle azioni gestionali da compiere.

La combinazione della mappa della severità, insieme ad altri tematismi fra cui la suscettibilità all'erosione, le attività turistiche, le produzioni agricole dipendenti dal servizio di impollinazione, ecc., possono essere implementate in un sistema esperto che consente di rappresentare su mappa la perdita di servizi ecosistemici (Haynes-Young e Potschin, 2018). Si tratta di un utile supporto alla pianificazione degli interventi di ricostituzione e restauro. Nell'esempio di seguito riportato (fig. 2), la rappresentazione cartografica della perdita monetaria di servizi ecosistemici è riferita agli incendi occorsi nell'estate del 2017 nel Parco Nazionale del Vesuvio (Silvestro et al., 2021). La carta della severità degli incendi è stata illustrata precedentemente in figura 1. Dal confronto delle due carte emerge che le aree dove sono state registrate le maggiori perdite monetarie di servizi ecosistemici (aree rosse del pannello di sinistra), sono molto più ristrette rispetto a quanto documentato con la severità di incendio. Quindi, gli interventi di restauro post-incendio si concentreranno nelle aree dove la perdita di funzioni, che generano maggiori disservizi ecosistemici, rappresentano la priorità. Anche con questa metodologia di analisi degli incendi, le perdite monetarie registrate dai soprassuoli di conifere (CON nel pannello di destra) sono pressoché il doppio per ettaro rispetto a quelle dei cedui di latifoglie (BRO nel pannello di destra). Ovviamente, non si tratta di una mera perdita di prodotti legnosi, ma anche di importanti servizi di regolazione, quali la protezione idrogeologica dei versanti del vulcano, o culturali legati al tour turistico sul cono del Vesuvio.

L'esempio illustrato è riferito a un'analisi ex post di perdita monetaria di servizi ecosistemici. Ciò non esclude che un esercizio simile possa essere svolto ex ante, utile a pianificare le misure di prevenzione antincendio più adeguate, dando priorità a quelle aree dove, in caso di incendi disastrosi, si registrerebbero i maggiori disservizi e perdite monetarie, legate soprattutto al ripristino delle funzioni ecosistemiche che si perderebbero a causa del disturbo degli incendi. Volendo compiere questo esercizio, a partire da una mappa dei combustibili, un simulatore di incendi tipo Farsite (<https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/4617>) sarebbe il supporto più idoneo per fare previsioni di comportamento del fuoco nei diversi scenari ipotizzati.

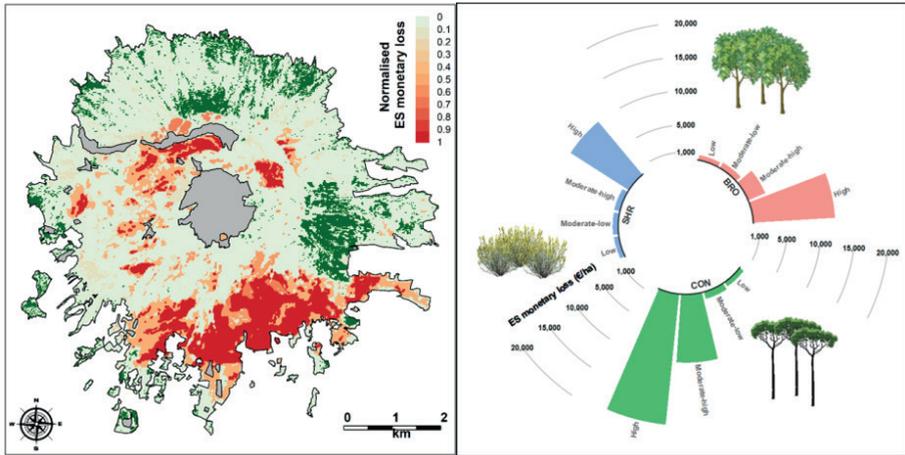


Fig. 2 Nel pannello di sinistra è riportata la mappa normalizzata delle perdite monetarie di servizi ecosistemici, causate dagli incendi dell'estate 2017 nel Parco Nazionale del Vesuvio. Nel pannello di destra le perdite monetarie, in euro/ha, sono disaggregate per tipologie forestali (cespuglieti [SHR], cedui di latifoglie [BRO] e fustaie di conifere [CON]) e per classi di severità dell'incendio (da Silvestro et al., 2021)

#### LA GESTIONE POST-INCENDIO DELLE FORMAZIONI FORESTALI MEDITERRANEE

La macchia mediterranea è costituita da arbusti policormici, sclerofilli e sempreverdi. Il ricaccio vegetativo da gemme basali (lentisco, filliree, mirto, alaterno) e lignotuberi (eriche, corbezzolo), stimolato dal disturbo del fuoco, garantisce nel giro di pochissimi anni il ristabilimento di un grado di copertura soddisfacente per la protezione idrogeologica. In breve tempo anche le tracce del passaggio del fuoco non sono più percepibili nel paesaggio. Talvolta, sono necessari interventi prioritari di bioingegneria localizzati nelle aree soggette a erosione, così come descritti precedentemente.

Nei cedui matricinati, il taglio della porzione epigea uccisa dal fuoco è condizionato da quanto distante è l'età del soprassuolo dal turno minimo e, quindi, dalla convenienza economica del taglio di succisione. I regolamenti forestali vigenti nelle diverse regioni italiane impongono di eseguirlo entro l'inverno successivo al passaggio del fuoco. Frequentemente, questa attività di ricostituzione viene omessa perché onerosa, cioè a macchiatico negativo, oppure differita nel tempo. In questo caso i ricacci post-incendio possono essere danneggiati in vario modo dalle operazioni di ricostituzione. È auspicabile

svincolare, o quantomeno snellire, le procedure legate alla ricostituzione dei cedui danneggiati dagli incendi.

Il taglio fitosanitario delle fustaie di conifere mediterranee (pino d'Aleppo, p. marittimo e p. domestico) severamente danneggiate dagli incendi, è sito-specifico e non ci sono soluzioni univoche e universalmente valide. Nella pianificazione del taglio fitosanitario, occorre valutare la stabilità meccanica degli alberi uccisi dal fuoco che decresce progressivamente entro il secondo inverno dopo l'evento per cause biologiche (attacchi di insetti cortico-lignicoli e funghi basidiomiceti lignivori) e fisiche (vento). La destrutturazione del soprassuolo arboreo bruciato determina un incremento del carico di combustibile morto di varie dimensioni in prossimità del suolo e rappresenta un ostacolo per le operazioni di abbattimento e raccolta delle piante morte.

Il taglio fitosanitario, come taglio a raso spesso condotto su ampie superfici, determina impatti ecologici che si protraggono nel tempo sulla biodiversità e sul suolo (fra gli altri: DellaSala et al., 2006; Thorn et al., 2020, Leverkus et al., 2021). L'analisi degli impatti del taglio fitosanitario esaminati in letteratura, quasi sempre si riferiscono a foreste bruciate poco antropizzate e remote, quindi a frequentazione episodica da parte dell'uomo. Per contro, la gran parte delle pinete mediterranee in Italia sono ubicate nella fascia costiera e subcostiera. In queste aree densamente popolate il crollo degli alberi impedirebbe la fruizione delle aree interessate dal fenomeno, e sarebbe percepito dall'opinione pubblica come detrattore paesaggistico e, in modo errato, di mancanza di gestione dei boschi danneggiati dagli incendi. Nei contesti paesaggistici mediterranei molto antropizzati il taglio fitosanitario deve essere quindi ponderato tenendo conto del regime di protezione vigente (area protetta, habitat codificato facente parte di una zona speciale di conservazione, ecc.) e delle funzioni prevalenti attribuite alla pineta bruciata. Per es., nel Parco Nazionale del Vesuvio, nelle pinete di pino domestico, e in minor misura di pino marittimo, di origine artificiale severamente danneggiate dal fuoco dagli incendi estivi del 2017, l'esclusione dal taglio fitosanitario di *patch* meno accessibili e in aree morfologicamente complesse, ha rappresentato un criterio guida degli interventi di ricostituzione. Le aree escluse dal taglio fitosanitario documentano le traiettorie della successione secondaria post-incendio, che in taluni luoghi sono contigue alle successioni primarie, come ad es. quelle in atto sulle colate laviche del 1944 di questo importate geosito.

La triturazione della ramaglia derivante dal taglio fitosanitario e il suo impiego come materiale pacciamante rappresenta un'altra buona prassi da adottare in ambienti a clima mediterraneo. La pacciamatura esercita un controllo efficace sulle specie annuali, cioè sulle terofite a ciclo autunno-invernale, quasi sempre estranee alla comunità di pineta, che nelle prime estati post-incen-

dio incrementano il carico di combustibile morto di piccole dimensioni. La pacciamatura di spessore adeguato, riduce anche l'evaporazione dal suolo e le irrigazioni di soccorso per le piantine messe a dimora e protegge i semenzali di pino da rinnovazione naturale post-incendio "candidati" a ricostituire il futuro soprassuolo. La pacciamatura con trucioli di legno aumenta anche la riflettanza (albedo) del substrato post-incendio tendenzialmente scuro, con conseguente riduzione del flusso di calore nel suolo e mitigazione dello stress termico, causa frequente di mortalità per riscaldamento al colletto dei semenzali in ambienti caldo-aridi. L'albedo può essere anche aumentato con impiego di spray e film pacciamanti bianchi di origine naturale e biodegradabili, già impiegati in agricoltura (Santagata et al., 2014).

Tutte le latifoglie decidue e sempreverdi presenti nella fascia mediterranea e sopra-mediterranea mostrano spesso danni da incendio inferiori a quelli riscontrabili nelle conifere. Le latifoglie rallentano passivamente la progressione delle fiamme e riducono l'intensità lineare del fronte di fiamme. La loro conservazione nelle aree percorse dal fuoco e la loro ridiffusione nei soprassuoli di conifere rappresentano uno strumento biologico idoneo di selvicoltura preventiva. Le querce sempreverdi leccio e sughera hanno gemme epicormiche nelle diverse parti della pianta in grado di reiterare le parti della chioma o l'intera parte epigea danneggiate dal fuoco (Pausas e Keeley, 2017). Castagno, roverella, orniello, etc., in genere non reiterano le parti aree danneggiate dal fuoco e il ricaccio basale post-incendio è condizionato dall'ontogenesi.

#### IL RESTAURO DELLE PINETE MEDITERRANEE

Le pinete litoranee del nostro Paese sono, molto spesso, piantagioni monospecifiche che con la loro copertura delle chiome esercitano un forte controllo sulla vegetazione autoctona perenne preesistente. Pino d'Aleppo e pino marittimo sono conifere dotate di tratti adattativi al fuoco che gli permettono di rinnovarsi dopo il passaggio del fuoco grazie all'abbondanza di semi stoccati nei coni serotini della chioma. Il pino domestico, invece, non mostra tratti adattativi al fuoco ed è incapace di rinnovarsi mediante semi nelle aree percorse dal fuoco. Nelle pinete mediterranee, una densità di 2,5-4 semenzali di pino per metro quadrato nel primo inverno successivo al passaggio del fuoco è un indice di adeguata rinnovazione (Leone et al., 2000; Vega et al., 2010). Qualora si rendesse necessario il ricorso alla piantagione, piuttosto che alla semina, occorre valutare attentamente l'opportunità di ricostituire popolamenti puri di conifere mostratisi vulnerabili agli incendi. Piuttosto, i pini dovrebbero rappresentare una componente subordinata della mescolanza di specie

arboree e arbustive autoctone preesistenti, o rinvenibili nelle aree adiacenti a quelle percorse dal fuoco. Tuttavia, quando il pino domestico costituisce l'habitat 9540 "Pinete mediterranee di pini mesogeni endemici" (<http://vnr.unipg.it/habitat/cerca.do?formato=stampa&idSegnalazione=78>), oppure per motivi di conservazione del paesaggio, allora occorre piantarlo in mescolanza con le specie arboree e arbustive autoctone. I pini sono specie pioniere caratterizzate da alti tassi di sopravvivenza e a crescita relativamente rapida nelle prime fasi di vita. Le latifoglie arboree, invece, sono rappresentative degli stadi serali più avanzati, a crescita lenta e dotate di elevata resilienza al fuoco grazie alla loro capacità di ricaccio. Dovrebbero essere parte integrante dei programmi di piantagione anche la messa a dimora di specie arbustive mediterranee, anch'esse resilienti al fuoco che nel lungo periodo fungono da facilitatrici per le specie arboree più esigenti.

La grande eterogeneità spaziale di micrositi rinvenibili nelle aree percorse dal fuoco determina condizioni edafiche molto variegate con diversa capacità di immagazzinamento di acqua nel suolo. Le eventuali piantagioni saranno quindi localizzate nei micrositi più favorevoli (impluvi, tasche di suolo più profondo incluse fra affioramenti rocciosi, ecc.), piuttosto che realizzate in modo uniforme nelle aree percorse dal fuoco. La creazione di buche più profonde dello standard di 40 cm, l'impiego di ammendanti (hydrogel) nel pane di terra del semenzale (Hüttermann et al., 1999), da riservare alle specie a esigenze idriche maggiori, e l'impiego di legno bruciato reperito in situ per il contenimento a monte del suolo terrazzato, sono tutte soluzioni che aumentano la percentuale di attecchimento delle piantine in ambiente semi-arido. Il ricorso a sestri di impianto non geometrici nelle isole interessate dalle piantagioni, la mescolanza a gruppi e in alternanza, nonché l'assegnazione a ciascuna pianta (arborea o arbustiva) di un'adeguata superficie corrispondente alle sue dimensioni definitive, sono accorgimenti che non fanno percepire l'origine artificiale dell'impianto (Silvestro et al., 2021).

#### RIASSUNTO

Nei boschi mediterranei gli interventi di ricostituzione e restauro post-incendio sono dettati dalla variabilità spaziale della severità dell'incendio, dalla topografia, dalla propensione all'erosione del suolo e dal mosaico di aree di interfaccia. Questo insieme di conoscenze consente di individuare le aree di intervento dove il ripristino dei servizi ecosistemici è l'obiettivo prioritario. In fase di emergenza post-incendio, gli interventi da attuare riguardano la messa in sicurezza delle aree di interfaccia bosco-urbano e di quelle a elevata frequentazione umana. Anche la costruzione di sbarramenti superficiali, utili a intrappolare il deflusso e i sedimenti, rientra fra gli interventi emergenziali. La ricostitu-

zione e il restauro post-incendio dei boschi mediterranei severamente bruciati dipendono dalle strategie di sopravvivenza al fuoco delle specie della comunità pre-incendio e sono modulati dall'andamento spaziale della rinnovazione che si insedia dopo l'incendio. In tutti i casi l'obiettivo è aumentare la resistenza e la resilienza al fuoco delle comunità post-incendio e ripristinare i processi ecologici alla base del funzionamento degli ecosistemi forestali e dell'erogazione dei servizi ecosistemici.

#### ABSTRACT

*Rehabilitation of the areas affected by fire and restoration of ecosystem services in the Mediterranean environment.* In Mediterranean forests, post-fire rehabilitation and restoration interventions are dictated by the spatial variability of fire severity, topography, erosion-prone soil and the mosaic of wildland-urban interface areas. This set of knowledge makes it possible to identify areas of intervention where the restoration of ecosystem services is the first objective. In the post-fire emergency phase, the interventions to be implemented concern the safety of the forest-urban interface areas and those with high human attendance. The construction of log-dams, useful for trapping runoff and sediments, is one of the emergency interventions. The reconstitution and restoration of severely burned Mediterranean forests depend on the fire survival strategies of the pre-fire community species and are modulated by the spatial pattern of post-fire regeneration. In all cases, the aim is to increase the fire resistance and resilience of post-fire communities and to restore the ecological processes underlying the functioning of forest ecosystems and the provision of ecosystem services.

#### BIBLIOGRAFIA

- BOND W.J., VAN WILGEN B.W. (1996): *Fire and Plants*, 1st ed.; Chapman & Hall, Dordrecht, The Netherlands.
- DELLASALA D.A., KARR J.R., SCHOENNAGEL T., PERRY D., NOSS R.F., LINDENMAYER D., BESCHTA R., HUTTO R.L., SWANSON M.E., EVANS J. (2006): *Post-fire logging debate ignores many issues*, «Science», 314, pp. 51-52.
- DELLASALA D.A., HANSON C.T. (2015): *The Ecological Importance of Mixed-Severity Fires: Nature's Phoenix*. Elsevier, New York, NY, USA.
- DE SANTIS A., CHUVIECO E. (2009): *GeoCBI: A modified version of the Composite Burn Index for the initial assessment of the short-term burn severity from remotely sensed data*, «Remote Sensing of Environment», 113, pp. 554-562.
- DI GENNARO A., INNAMORATO F.P. (2005): *La grande trasformazione. Il territorio rurale della Campania 1960-2000*, Edizioni CLEAN, 128 pp.
- GÓMEZ-SÁNCHEZ E., LUCAS-BORJA M.E., PLAZA-ÁLVAREZ P.A., GONZÁLEZ-ROMERO J., SAGRA J., MOYA D., DE LAS HERAS J. (2019): *Effects of post-fire hillslope stabilisation techniques on chemical, physico-chemical and microbiological soil properties in mediterranean forest ecosystems*, «Journal of Environmental Management», 246, pp. 229-238.
- HAINES-YOUNG R., POTSCHEIN M. (2018): *Common International Classification of Ecosy-*

- stem Services CICES V5.1. Guidance on the Application of the Revised Structure*, URL: <www.cices.eu>.
- HÜTTERMANN A., ZOMMORODI M., REISE K. (1999): *Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of Pinus halepensis seedlings subjected to drought*, «Soil and Tillage Research», 50 (3-4), pp. 295-304.
- KEELEY J.E. (2009): *Fire intensity, fire severity and burn severity: A brief review and suggested usage*, «International Journal of Wildland Fire», 18, pp. 116-126.
- KEELEY J.E., BOND W.J., BRADSTOCK R.A., PAUSAS J.G., RUNDEL P.W. (2012): *Fire in Mediterranean Ecosystems: Ecology, Evolution and Management*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- KEY C.H., BENSON N.C. (2006): *Landscape assessment: (LA). Sampling and analysis methods*, in *FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System*, Lutes D.C., Keane R.E., Caratti J.F., Key C.H., Benson N.C., Sutherland S., Gangi L.J. (Eds.), Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-164; LA1-LA55 ISBN USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-164-CD. Fort Collins, CO, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- LENTILE L.B., HOLDEN Z.A., SMITH A.M.S., FALKOWSKI M.J., HUDAK A.T., MORGAN P., LEWIS S.A., GESSLER P.E., BENSON N.C. (2006): *Remote sensing techniques to assess active fire characteristics and post-fire effects*, «International Journal of Wildland Fire», 15, pp. 319-345.
- LEONE V., BORGHETTI M., SARACINO A. (2000) *Ecology of post-fire recovery in Pinus halepensis in southern Italy*, in Trabaud L. (ed.), *Life and Environment in the Mediterranean*, «Advances in Ecological Sciences», 3, WIT Press, Southampton (UK), pp. 129-154.
- LEVERKUS A.B., BUMA B., WAGENBRENNER J., BURTON P.J., LINGUA E., MARZANO R., THORN S. (2021): *Tamm review: Does salvage logging mitigate subsequent forest disturbances?*, «Forest Ecology and Management», 481, 118721.
- PAUSAS J.G., KEELEY J.E. (2017): *Epicormic resprouting in fire-prone ecosystems*, «Trends in Plant Science», 22 (12), pp. 1008-1015.
- SANTAGATA G., MALINCONICO M., IMMIRZI B., SCHETTINI E., MUGNOZZA G.S.; VOX G. (2014): *An overview of biodegradable films and spray coatings as sustainable alternative to oil-based mulching films*, in: International Symposium on New Technologies for Environment Control, Energy-Saving and Crop Production in Greenhouse and Plant, 1037, pp. 921-928.
- SAULINO L., RITA A., MIGLIOZZI A., MAFFEI C., ALLEVATO E., GARONNA A.P., SARACINO A. (2020): *Detecting burn severity across Mediterranean forest types by coupling medium-spatial resolution satellite imagery and field data*, «Remote Sensing», 12 (4), 741.
- SILVESTRO R., SAULINO L., CAVALLO C., ALLEVATO E., PINDOZZI S., CERVELLI E., CONTI P., MAZZOLENI S., SARACINO A. (2021): *The footprint of wildfire on Mediterranean forest ecosystem services in Vesuvius National Park*, «Fire», 4 (4), 95.
- THORN S., CHAO A., GEORGIEV K.B., MÜLLER J., BÄSSLER C., CAMPBELL J.L., CASTRO J., CHEN Y.-H., CHOI C.-Y., COBB T.P., et al. (2020): *Estimating retention benchmarks for salvage logging to protect biodiversity*, «Nature Communications», 11, 4762.
- VEGA J.A., FERNÁNDEZ C., PÉREZ-GOROSTIAGA P., FONTURBEL T. (2010): *Response of maritime pine (Pinus pinaster Ait.) recruitment to fire severity and post-fire management in a coastal burned area in Galicia (NW Spain)*, «Plant Ecology», 206 (2), pp. 297-308.

VITTORIO LEONE<sup>1</sup>

## Incendi di nuova generazione e necessità di modificare il paradigma dell'estinzione

<sup>1</sup> Accademia dei Georgofili, Accademia Italiana di Scienze Forestali

Fin dagli anni '90 la ricerca sui rapporti tra cambiamento climatico e rischio di incendi (Torn & Fried, 1992; Stock et al., 1998; Flannigan et al., 2000, Williams et al., 2001) evidenziava un aumento del rischio di incendi, dell'area percorsa e della frequenza degli eventi. Successivi studi, specificamente rivolti al bacino del Mediterraneo (Moriondo et al., 2006), hanno evidenziato l'aumento del numero di anni con rischio elevato, l'allungamento della stagione degli incendi e l'aumento del numero di eventi estremi. Questi risultati sono stati ripresi dai rapporti dell'IPCC (2012, 2014), recentemente dal rapporto speciale *Climate and land* (IPCC, 2019) che sottolinea la variabilità futura del clima e la crescente influenza del cambiamento climatico e dell'attività umana nel determinare il regime degli incendi. La stagione degli incendi si è infatti allungata del 18,7% a livello globale tra il 1979 e il 2013, con aumenti statisticamente significativi nel 25,3% della superficie terrestre coperta da vegetazione e diminuzione nel 10,7% di essa. L'area caratterizzata da allungamento della stagione degli incendi [indicato dal numero di giorni che superano il valore medio globale di un valore pari alla deviazione standard (SD)] è aumentata del 108,1% nel periodo 1979-2013. A livello globale si prevede un aumento di circa il 27% della frequenza degli incendi nel 2050, rispetto ai livelli del 2000. Secondo l'ultimo rapporto dell'IPCC (Levin et al., 2022), gli incendi stanno interessando aree sempre più ampie con danni irreversibili al paesaggio; nelle zone mediterranee dell'Europa l'incremento della temperatura media di 2°C porterà a un aumento delle superfici percorse variabile dal 62 al 97%; per un incremento di 3°C l'aumento varierà dal 96 al 187%. Secondo EEA (European Environment Agency, 2017) molti paesi dell'Europa dell'Est sono destinati a diventare aree a rischio.

Il cambiamento climatico influenza il regime degli incendi attraverso l'azione congiunta dell'aumento delle temperature, della diminuzione della piovosità e della copertura nevosa e dell'aumento della ventosità, che riducono l'umidità dei combustibili vivi e morti e quindi ne facilitano l'accensione, accentuata dalla maggiore incidenza di fulmini e dalle eventuali modifiche delle comunità vegetali coinvolte. In presenza di ondate di calore e di siccità prolungata, gli incendi possono divenire catastrofici, come avvenuto in Australia nel 2009 (Bradstock et al., 2009; IPCC, 2012). La validità delle previsioni è confermata dalla sequenza di incendi disastrosi che si sono verificati a partire dall'inizio del XXI secolo, concentrandosi in taluni Paesi e con frequenza sempre più ravvicinata (Laranjeira & Cruz, 2014; Turco et al., 2018; WWF, 2019; World Bank Group, 2020), come nella seguente lista:

- Australia (2001, 2003, 2009, 2019, 2020)
- Amazzonia e regione Artica (2019)
- Canada (2016)
- Chile (2017)
- Francia (2003)
- Grecia (2001, 2005, 2007, 2019)
- Indonesia(2019, 2015);
- Italia (2007, 2012, 2017, 2021)
- Portogallo (2003, 2005, 2006, 2013, 2016, 2017, 2018, 2019)
- Regno Unito (2007)
- Russia (2010, 2020, 2021)
- Spagna (2003, 2005, 2006, 2007, 2012, 2017, 2021)
- Svezia (2014)
- Turchia (2008, 2021)
- USA (2002, 2003, 2006, 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021).

Nell'estate 2021, caratterizzata da condizioni meteo particolarmente favorevoli, gli incendi si sono accaniti in Siberia, Nord America, Grecia, Italia, Turchia, Albania, Nord Macedonia, Algeria e Tunisia, concentrandosi nel settore centrale e orientale del Mediterraneo e spingendosi molto in profondità nell'Europa dell'Est. Al 10 agosto 2021 EFFIS (European Forest Fire Information System), che copre 41 Paesi di cui 25 in EU, 11 non EU e 5 in Paesi MENA (Nord Africa e Medio Oriente), ha registrato, sia per il numero di incendi che delle superfici percorse (Richter, 2021), valori 2,5 volte superiori alla media annuale del periodo 2008-2020: al 18 ottobre, nei paesi dell'Unione Europea risultavano percorsi da 485.000 a 547.000 ettari. Nell'area ampia

che EFFIS copre, la superficie percorsa varia da 1.092.000 a 1.457.000 ettari (CDP, 2022). Questi valori sono il risultato di condizioni climatiche eccezionali, caratterizzate dal mese di luglio più caldo degli ultimi 142 anni a livello globale e nell'emisfero Nord (NOAA, 2021). Il 2021 figura tra i tre anni più caldi a livello mondiale (2019, 2020, 2021) (NOAA, 2022) e al sesto posto tra le annate più calde registrate dal 1880, tutte verificatesi nell'ultimo decennio del XXI secolo, nell'ordine 2016, 2020, 2019, 2015, 2017, 2021, 2018, 2014, 2010, 2013 (NOAA 2022), con il record della temperatura più alta mai registrata in Europa (Siracusa, 11 agosto 2021, 48,8°C, superiore di 0.8 °C al precedente record di Atene nel 1977. Il dato è in corso di validazione da parte del WMO, World Meteorological Organization).

Molti degli incendi registrati nell'estate 2021 nel settore orientale del Mediterraneo e in particolare in Turchia avevano valori molto elevati di FRP (Fire Radiative Power), rilevati dal satellite Sentinel-3A. FRP misura in megawatt (MW) l'energia emessa globalmente da un incendio. Per esempio, in data 6 agosto 2021, nel settore Italia Meridionale, Grecia, Turchia, si registravano 237 aree da 1 km di lato, con incendi in atto che emettevano un totale di 2.568 MW con una media di 10.8±19.5 MW e un massimo di 196.7 MW nell'isola di Evia (Roesli et al., 2021). Questi valori confermano che molti degli incendi disastrosi registrati nell'estate 2021 (per esempio a Sierra Vermeja, in Costa del Sol, Spagna l'8 settembre 2021: incendio doloso, 9.670 ha percorsi, 1 morto, 3.000 evacuati, 1.000 persone intervenute per estinguere il fuoco durato 6 giorni, l'incendio più disastroso degli ultimi decenni) erano incendi di 6<sup>a</sup> generazione secondo la classificazione di tipo operativo di Costa et al. (2011): fenomeni piroconvettivi, o *tempeste di fuoco*, caratterizzati da continuità del combustibile, alta velocità di propagazione, estrema intensità, che si verificano con azione simultanea in zone di interfaccia, e con un'area percorsa tale da rientrare nella categoria dei *megafires* (per l'UE la soglia è di almeno 500 ettari). Secondo altri parametri quantitativi, essi sono incendi estremi (*Extreme Wildfire Event* o *EWE*; Tedim et al., 2018): eventi piroconvettivi con intensità (espressa in kilowatt per metro di fronte, kWm<sup>-1</sup>) ≥ 10.000, velocità propagazione ≥ 3 kmh<sup>-1</sup>, distanza di insorgenza di fuochi secondari per fenomeni di *spotting* > 1 km.

La caratterizzazione di molti incendi come incendi 6<sup>a</sup> generazione, ovvero EWE, è particolarmente preoccupante, poiché si stima che incendi di tale tipo, seppur numericamente in bassa percentuale (10% del numero complessivo) siano capaci di provocare il 90% del danno totale (World Bank Group, 2020). Essi eccedono la capacità di controllo (*control capacity*), internazionalmente indicata dal valore massimo di intensità affrontabile sul fronte di un incendio pari a 10.000 kWm<sup>-1</sup> (Wotton et al., 2017). Nella capacità di

controllo rientra il 90% degli incendi, che però provocano soltanto il 10% dei danni, tutti compresi nel primo decile del range di variabilità di intensità, considerando che gli incendi estremi possono raggiungere intensità di  $150.000 \text{ kWm}^{-1}$  (Cheney et al., 2021; Tolhurst, 2009). È opinione diffusa tra i ricercatori che gli incendi estremi siano destinati a crescere nel numero, fino a diventare il c.d. *new normal* (Viegas, 2013, 2018).

È pertanto lecito chiedersi se il dispositivo di difesa contro gli incendi nello spazio rurale, di cui dispone la maggior parte dei Paesi, consenta di sentirsi al sicuro dagli incendi in genere e un particolare da quelli estremi. La risposta è purtroppo negativa. Il dispositivo di difesa AIB (Anti Incendi Boschivi) di cui dispone il nostro Paese, è una complessa organizzazione “militare”, anche nel linguaggio (si usano metafore e termini quali *guerra al fuoco*, *combattere il fuoco*, *waterbombing*, *firebombing*, *catena di controllo*, *comando e comunicazione* ecc.) (Lueck & Yoder, 2013, 2016). La sua struttura, variabile da Regione a Regione, può contare su moderne attrezzature tecnologiche (aerei, elicotteri, droni, ritardanti; mezzi fuoristrada; impianti di telerilevamento a IR o nel visibile; sistemi di comunicazione, di previsione del pericolo, remote sensing), è di tipo *stand-by* cioè in attesa che l’evento si verifichi (Leone, 1988) ed è finalizzata al c.d. paradigma (leggasi modello!) della soppressione. Obiettivo primario è infatti quello di intervenire in maniera “contudente” e rapida (Delogu, 2013), colpendo l’incendio *hard and fast*, in modo duro e veloce. Questa espressione, fatta propria da molti Servizi Forestali (Weber and Armario, 2016), compreso il CFS negli anni ’80, era il motto dell’Admiral W.F. Halsey nel teatro del Pacifico durante la Seconda guerra mondiale.

Il dispositivo di difesa, che si avvale fundamentalmente dell’uso di acqua come mezzo di estinzione, opera efficacemente su incendi con valore di intensità fino a  $4.000 \text{ kWm}^{-1}$ , con crescente difficoltà e alta percentuale di insuccessi nell’intervallo da  $4.000$  a  $10.000 \text{ kWm}^{-1}$ , senza alcun successo oltre  $10.000 \text{ kWm}^{-1}$ , valore della capacità di controllo. I mezzi aerei di cui dispone (Canadair CL-215 T e CL-415, elicotteri pesanti Erickson Air-Crane S-64 e medi, oltre ai piccoli mezzi aerei agricoli, tipo Fire Boss, Air Tractor noleggiati stagionalmente dalle Regioni) non cambiano la situazione, poiché essi operano con efficacia fino a valori massimi di  $3.000$  ( $5.000$ )  $\text{kWm}^{-1}$  e non oltre, secondo i pochi dati in letteratura (World Bank Group, 2020). Sull’aspetto delle prestazioni operative dei mezzi aerei in termini di valori di intensità controllabile, si registra un’inspiegabile, totale assenza di ricerche e informazioni, e il novero delle fonti disponibili, peraltro molto datate, si conta sulle dita di una mano. Altrettanto privo di qualsiasi validazione scientifica è l’impiego massiccio di acqua marina in molte operazioni di spegnimento. Questa mancanza di informazioni si riverbera sull’assenza di indicazioni circa

l'efficacia dell'intervento in rapporto all'intensità del focolaio nelle linee guida operative annualmente emanate dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento Protezione Civile, per il concorso della flotta aerea dello Stato nella lotta attiva agli incendi boschivi (PCM-DPC, 2021). Circa la reale efficacia del *water-bombing*, cioè lo sgancio di acqua a gravità, merita interesse quanto riportato da World Bank Group (2020, pp. 13-14) nel rapporto finale del progetto PROFOR (Program on Forests), un partenariato multi-donatori guidato dalla World Bank e organizzato dalla IUFRO:

Per fronteggiare gli incendi del giugno 2017 in Portogallo, l'Emergency Response Coordinating Centre of DG ECHO (Centro di coordinamento della risposta alle emergenze della DG ECHO), su richiesta del governo, ha coordinato la mobilitazione del sostegno fornito dalla Francia (due Canadair e un aereo da ricognizione Beech), Spagna (due Air Tractor) e Italia (due Canadair) per rafforzare la capacità antincendio portoghese. La Spagna ha messo a disposizione altri quattro Canadair, attraverso il suo accordo bilaterale con il Portogallo, e il Marocco ha fornito un Canadair. *Però gli incendi sono stati contenuti solo quando le condizioni meteorologiche si sono attenuate.*

Quanto accennato non è certo nuovo e ha formato oggetto di approfondite argomentazioni (Finney et al., 2007; Ingalsbee, 2017). A proposito, da tempo è stato osservato che i mass-media enfatizzano gli aerei, e spesso dimenticano il necessario contributo delle forze sul terreno, per non parlare della prevenzione. Di conseguenza le forze di terra tendono a impegnarsi sempre meno e a chiamare gli aerei anche in caso di modesti incendi senza rilevanti valori in gioco (Calabri, 1989). È comunque da rilevare che con l'entrata in uso dei Canadair negli anni '70 in Italia, si sono moltiplicati i casi di un complesso fenomeno definito *vergogna prometeica* (Anders, 2007): la retroazione indotta dalla tecnologia, il complesso di inferiorità che colpisce le abilità soggettive di antico segno, e che si concretizza nel vergognarsi della propria insufficienza al cospetto delle macchine, gettando la spugna per lasciar fare alle macchine stesse (Cherchi, 2005).

Circa le prestazioni giornaliere dei Canadair, *An sssessment for the Canadair CL-215 Fleet requirement for Italy* (Canadair, 1974, p. 6) riporta quanto segue:

Un'analisi delle statistiche operative delle flotte esistenti di CL-215 mostra che durante il periodo di picco degli incendi ogni aereo attacca una media di 1,7 incendi al giorno. In questo studio, (per l'Italia) si assume un massimo di 1,5 incendi al giorno.

Quanto detto conferma che i mezzi aerei non possono fare miracoli e che non rappresentano la risoluzione dei problemi, soprattutto degli incendi estremi e degli incendi di intensità medio alta.

Per valutare la capacità del paradigma della soppressione è utile esaminarne i cosiddetti punti di forza (Strengths) e di debolezza (Weaknesses), opportunità (Opportunities) e minacce (Threats), mediante l'Analisi SWOT (Nyarku et al., 2011), metodologia utile a effettuare scelte strategiche a partire dalla mappa dei fattori interni ed esterni, positivi o negativi, presenti e futuri di un'organizzazione, come in tabella 1 (sintesi da Tedim & Leone, 2017; Xanthopoulos et al., 2020).

STRENGTHS	WEAKNESSES
Soddisfa la forte domanda sociale di fare qualcosa con effetto immediato	Non efficace su incendi estremi
L'intervento tempestivo di contrasto (guerra al fuoco) è politicamente più vantaggioso degli interventi di prevenzione a lungo termine, meno visibili	Rappresenta non una soluzione ma una risposta semplice ad un problema particolarmente complesso, perché prevalentemente causato da azione antropica
Contiene le superfici percorse, nei limiti della <i>control capacity</i> , ma non agisce sulle cause	<i>Control capacity</i> pari a 10.000kWm <sup>-1</sup>
Utilizza importanti risorse umane e tecnologiche (mezzi aerei; sostanze ritardanti; impianti di avvistamento e telerilevamento, comunicazione, remote sensing)	Intervento sintomatico: non agisce sulle cause, nè riduce il numero di incendi
	Adotta sempre lo stesso tipo di intervento indipendentemente da tipo e intensità incendio
	Eccessiva fiducia nei mezzi aerei e loro uso sostitutivo e non integrativo di intervento a terra
	Limite fisico all'estinzione con uso dell'acqua anche di mare, e all'eliminazione localizzata dei combustibili vegetali con operazioni manuali o meccanizzate
	Lascia scarso spazio alla prevenzione e all'autodifesa
	Non riconosce né si avvale di persone, non inquadrare, che abbiano buona esperienza tradizionale e operativa nell'uso del fuoco come strumento di gestione
	Disincentiva eventuali iniziative autonome di prevenzione
	Impostazione operativa del tipo centralizzato o <i>top-down</i>
	Entra in crisi quando il numero di eventi contemporanei supera una certa soglia
OPPORTUNITIES	THREATS
Accetta ed integra agevolmente le nuove tecnologie	Inidoneo a contrastare la minaccia di aumento nel numero di incendi estremi in relazione con il <i>climate change</i>

Tab. 1 *Matrice di SWOT Analysis per il paradigma della soppressione*

L'analisi SWOT evidenzia che l'attuale paradigma di soppressione rappresenta non la soluzione al problema, bensì esclusivamente una risposta semplicistica, puramente sintomatica – (poiché non agisce sulle cause ma soltanto sui sintomi), unidimensionale (perché opera sempre con le stesse modalità, indipendentemente dal tipo e dalla gravità dell'evento; Delogu, 2013, esclusivamente nell'emergenza e finalizzate alla rapida soppressione dei focolai) – a un fenomeno complesso generato dalla interazione di componenti naturali e azioni antropiche nel *Coupled Human Natural System* (CHNS; Liu et al., 2007). Per la natura delle sue cause, dovute all'azione dell'uomo nel 95% dei casi in media, il rischio incendi è definito una patologia socio-ecologica (Fischer et al., 2016), risultato dell'interazione tra incendi e vulnerabilità umana attraverso i fattori chiave dell'uso del territorio e gestione delle risorse naturali.

È palese quindi la inadeguatezza del paradigma della soppressione nell'affrontare un problema estremamente complesso con la risposta unica e semplicistica, dell'azione seppur tempestiva, sui sintomi e non sulle cause. La risposta contundente e “militare” – pur necessaria – non risolve le cause e non può alla lunga essere efficace.

Il paradigma della soppressione, esclusivamente indirizzato alla risposta a un'emergenza in atto, tra l'altro non risponde all'impostazione teorica e operativa con cui la moderna scienza del rischio esprime il concetto di *cycle of disaster risk reduction* o DRR (Alexander, 2002; Farantos & Koutsoukis, 2005), cioè la sequenza di fasi operative (mitigazione, prontezza operativa, risposta, recupero) nella gestione dei disastri provocati da rischi naturali, per ridurre o evitare potenziali danni, assicurare pronta ed efficace assistenza alle vittime, ed attivare la ripresa. Il paradigma della soppressione, esclusivamente indirizzato alla risposta all'emergenza in atto, è un DRR mutilato (figg. 1, 2, 3), poiché si basa soltanto su due fasi (Prontezza operativa ed Emergenza).

Se i dispositivi di difesa attuali nulla possono fare per valori di intensità frontale da 10.000 kWm<sup>-1</sup> in poi e incontrano difficoltà già per valori di intensità tra 4.000 e 10.000 kWm<sup>-1</sup>, occorre un profondo ripensamento organizzativo per ovviare all'incapacità di affrontare eventi estremi.

Ciò significa una preparazione strategica del territorio per renderlo meno esposto al rischio di incendi, passando da una impostazione della difesa puramente *reattiva* (cioè basata sulla pronta ed efficace reazione o risposta immediata all'insorgenza di un evento) a una impostazione *proattiva*, basata cioè sulla prevenzione, fatta di azioni mirate a ridurre le cause e il potenziale innesco d'incendio nonché interventi finalizzati alla mitigazione dei danni conseguenti.

Il passaggio o cambio di paradigma richiede una *decisa valorizzazione della prevenzione, che integri ma non elimini il modello della soppressione*, anzi ne amplifichi e ne rafforzi le capacità operative, poiché può così ridurre il nume-



Fig. 1 Paradigma della soppressione: apparato difensivo esclusivamente finalizzato a fornire rapida risposta all'emergenza; dispone di capacità, infrastrutture e risorse che garantiscono prontezza operativa. Non effettua attività di prevenzione né di mitigazione del danno, non considera se non marginalmente le caratteristiche del territorio e chi vi opera

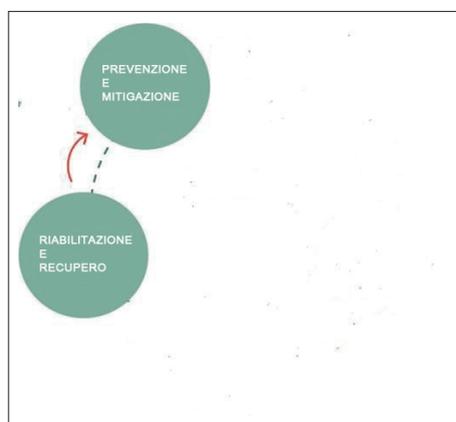


Fig. 2 Cambio di paradigma: avviene con la integrazione di due fasi: a) riabilitazione e recupero, cioè ricostituzione delle superfici percorse dal fuoco e loro adattamento ad essere più resilienti in caso di futuri danni; b) prevenzione e mitigazione, cioè azioni ed iniziative mirate a ridurre le cause e il potenziale innesco d'incendio, nonché interventi di mitigazione dei danni conseguenti



Fig. 3 Paradigma della prevenzione. Sono presenti tutte le 4 fasi che caratterizzano il cosiddetto risk reduction cycle, in analogia a quanto avviene per gli altri rischi (terremoti, tsunami, alluvioni ecc.) (Alexander, 2002; Farantos & Koutsoukis, 2005) Fonte: Immagine 3 C. Franciosi, M. Giambelli, M. Morando (2019)

ro di eventi estremi e rendere più efficace l'intervento sugli incendi, certo più numerosi, entro i margini della capacità di controllo.

In favore del cambio di paradigma, da tempo suggerito dal mondo della ricerca (Moritz et al., 2014; Olson et al., 2015; Fischer et al., 2016; Moreira et al., 2020), si sono espresse in modo netto le istituzioni sovranazionali.

La European Commission (2018) così si era espressa:

Il nuovo contesto richiede una gestione degli incendi boschivi più efficace e scientificamente fondata e un processo decisionale basato sul rischio che tenga conto delle radici socioeconomiche, climatiche e ambientali degli incendi. Questo significa anche *spostare l'attenzione dalla soppressione alla prevenzione* nel quadro della gestione integrata degli incendi, e aumentare la *consapevolezza e la preparazione delle popolazioni* a rischio.

Nel recente rapporto (2021) *Land-based wildfire prevention: principles and experiences on managing landscapes, forests and woodlands for safety and resilience in Europe*, la European Commission così conferma ed esplicita la precedente presa di posizione:

Per mitigare il rischio di incendio è necessario (...) assicurarsi che la struttura, la composizione e l'uso delle foreste, dei boschi e della vegetazione in altri paesaggi li rendano più *resistenti e resilienti agli incendi*.

(...) *informare e istruire le persone* in modo che con le loro azioni non facciano accrescere il rischio di incendio ma, al contrario, contribuiscano attivamente alla sua mitigazione.

Questo richiede investimenti nel campo *dell'istruzione, risorse umane, strumenti di programmazione e attrezzature*.

In maniera analoga si è espresso l'European Science & Technology Advisory Group (E-STAG, 2020):

Il nuovo contesto richiede una politica di gestione degli incendi che includa trattamenti del combustibile, misure di prevenzione basate su previsioni meteorologiche, sistemi di allarme rapido, una maggiore attenzione alla *consapevolezza della popolazione*, e strategie e tecniche che integrino l'uso tecnico o tradizionale del fuoco, così come uno *spostamento istituzionale di attenzione dalla soppressione alla prevenzione*.

Il World Bank Group (2020), nel rapporto conclusivo del progetto PROFOR aveva espresso un analogo punto di vista:

Gli impatti degli incendi estremi possono essere significativamente ridotti con un giusto approccio fire-smart quale *l'investimento nella prevenzione degli incendi e nella gestione*

*integrata degli incendi.* L'applicazione di tali approcci, strumenti e tecnologie in termini di costi è più efficace rispetto al combattere gli incendi più grandi e di rapida propagazione.

L'UNEP (United Nations Environment Programme) nella recente pubblicazione *Spreading like wildfire. The rising threat of extraordinary landscape fires* (UNEP; 2022), sottolinea la necessità di vivere (coesistere) con il fuoco, di fatto condividendo il nuovo paradigma della prevenzione, le cui linee di indirizzo (Tedim et al., 2020) sono:

- integrare il modello di soppressione con opportune iniziative di prevenzione, che oggi appare attività residuale, spostando la ripartizione dei fondi in modo da attribuirne ad essa almeno il 60% delle risorse disponibili per la lotta, come teorizzato dal MIT di Boston, MA (Collins et al., 2013);
- riconoscere, accettare e utilizzare gli aspetti benefici del fuoco (fuoco prescritto, fuoco tattico, controfuoco, *suppression fires*) (Castellnou et al., 2010);
- utilizzare i concetti di resistenza, resilienza e vulnerabilità (Tedim & Leone, 2017).

Da un punto di vista concettuale, il cambio di paradigma appare convincente e accettabile, ma è arduo individuare e porre in essere azioni complesse che rispondano ai punti programmatici sopra esposti. Nella nostra realtà la prevenzione è sempre e solo consistita in anguste forme di comunicazione unidirezionale, non interattiva, quali: decreti di tipo prescrittivo che impongono divieti e limitazioni d'uso (per es. decreto di grave pericolosità emanato stagionalmente dai presidenti delle GG.RR., O.P.C.M. del 28.08.2007, Prescrizioni di Massima e di Polizia Forestale); sporadiche iniziative di propaganda anche attraverso i mass media; cartellonistica. Queste iniziative, seppur apprezzabili, non colgono la complessità del concetto di prevenzione che abbraccia una ampia ed eterogenea serie di azioni e interventi così classificabili:

- realizzazione di infrastrutture (per es. torri e sistemi di avvistamento anche automatici per il primo allarme, viabilità di servizio, punti di atterraggio per elicotteri, punti di approvvigionamento idrico, viali parafulco e tagliafuoco di varia ampiezza);
- realizzazione di iniziative (per es. interventi di selvicoltura preventiva, quali i diradamenti e spalcatore; interventi di gestione finalizzati alla riduzione dei combustibili; interventi puntuali e localizzati di fuoco prescritto e pascolo prescritto);

- realizzazione di azioni (per es. recupero del sapere tradizionale nell'uso del fuoco, TFK, *Traditional Fire Knowledge*; Huffmann, 2013) come strumento di gestione dello spazio rurale; responsabilizzazione, sensibilizzazione, educazione, formazione, condivisione e coinvolgimento delle popolazioni locali;
- interventi finalizzati alla riduzione della vulnerabilità degli insediamenti (per es. le Comunità *Firewise*; Leone, 2021);
- interventi finalizzati al potenziamento della resistenza e resilienza (Tedim et al., 2015, 2016, 2020).

Gli incendi estremi, estremamente mobili, violenti e capaci di determinare a distanza di chilometri nuovi focolai espandendosi in modo imprevedibile, possono travolgere la rete di parafuoco, fragili barriere difensive, concepite e sperimentate in un ben diverso e arcaico contesto di utilizzazione dello spazio rurale, densamente popolato e oggetto di capillare utilizzazione delle biomasse da parte delle popolazioni in esso insediate.

Appare pertanto interessante il recente concetto di pianificazione denominato *Fire Smart Territory* (FST; Tedim et al., 2015, 2016, 2020) teorizzato per le condizioni della società rurale del Portogallo, ma adattabile agevolmente ad altre realtà. L'assunto di base è che le attuali sfide degli incendi non possono essere risolte con semplici procedure tecniche, anche se teoricamente adeguate, ma attraverso la comprensione locale del problema e la preparazione strategica di ogni territorio a essere meno esposto al fuoco (Greenpeace, 2020).

FST prevede infatti di agire contemporaneamente su entrambe le componenti, quella fisica e quella umana, di un territorio a rischio, per aumentarne la resistenza e la resilienza, recuperando il sapere tradizionale di uso del fuoco, e integrando gli interventi di prevenzione nelle abituali attività di gestione agricola e forestale dello spazio, senza costi aggiuntivi. L'azione a livello di territorio (inteso come sede di rapporti di potere, di conflitti, spazio di vita e di attività economiche) coglie l'inutilità, evidenziata dalla ricerca, degli interventi lineari tradizionali (reti di viali parafuoco, bande di terreno arate per separazione di campi, soluzioni di continuità) da sostituire con interventi areali (Fernandes, 2010).

L'azione sulla componente umana ha l'obiettivo di trasformarla da spettatore passivo e inerte degli interventi di estinzione in artefice attivo e protagonista della salvaguardia del territorio, capace anche di intervenire subito, autonomamente e con efficacia nelle fasi iniziali di un incendio, nell'attesa dell'intervento del dispositivo ufficiale di difesa. Ciò significa realizzare azioni di informazione sul livello di rischio e sulle misure di salvaguardia individuali (anche a tutela del proprio insediamento dal rischio di incendio), di formazio-

ne e addestramento nella attuazione di prime misure di intervento e di difesa individuali, di uso corretto ed efficace della dotazione di attrezzature individuali. Tali interventi di potenziamento, che riducono la vulnerabilità degli insediamenti (Tedim & Leone, 2017), consentono un aumento della resilienza anche attraverso il recupero e la valorizzazione della capacità tradizionale di uso del fuoco (Huffmann, 2013) oggi del tutto trascurata, se non avversata e criminalizzata. Basta vedere le difficoltà con cui tuttora l'uso del fuoco prescritto (la cui tecnica è finalmente legalizzata dalla recente L. 155/2021) viene osteggiato e ostacolato anche dagli addetti ai lavori (Bovio e Ascoli, 2012), con eccezione di pochi casi, quali la Toscana, il Piemonte, Friuli-Venezia Giulia, malgrado la presenza di specifiche leggi regionali.

L'azione sulla componente fisica del territorio ha l'obiettivo della diminuzione andante del carico di combustibile, per aumentare la resistenza e resilienza delle formazioni vegetali in esso presenti. Questo obiettivo si persegue mediante l'individuazione e l'armonizzazione, nello spazio, di tutte le attività, agricole e forestali, operanti nel territorio, capaci di sottrarre biomassa, eventualmente integrandole con l'uso localizzato del fuoco prescritto come strumento di gestione. L'intervento di riduzione del carico di biomassa, per attenuare l'intensità degli incendi mediante la riduzione dell'energia accumulata e liberabile in caso di incendio, non fa ricorso a progetti finalizzati e finanziati con specifiche misure, ma prevede il solo coordinamento di azioni ordinarie già in essere. Altri interventi previsti sono la pianificazione antincendio dei nuovi insediamenti, con l'adeguamento delle loro modalità costruttive, e l'adeguamento degli insediamenti esistenti al rischio di incendi, con la creazione di spazi difendibili a difesa di edifici isolati (Leone, 2022) soprattutto nelle aree di interfaccia.

La recente legge L. 8.11.2021, n. 155, *Disposizioni per il contrasto degli incendi boschivi e altre misure urgenti di Protezione civile* (G.U. n. 266 del 8.11.2021) poteva rappresentare l'occasione per avviare, con la necessaria gradualità, il cambio di paradigma. Così non è stato e la legge, pur con molti aspetti meritevoli (il potenziamento e l'aggiornamento del catasto delle aree percorse dal fuoco; la legittimazione del fuoco prescritto come pratica di prevenzione, e del controfuoco tra gli strumenti di contrasto; l'attenzione per le aree di interfaccia; il meccanismo di premialità con compensi incentivanti in modo proporzionalmente inverso alla riduzione delle aree percorse dal fuoco; il rafforzamento del dispositivo sanzionatorio previsto dall'art. 423 bis del C.P., ecc.) si connota già dal titolo meramente orientata a rafforzare il paradigma della soppressione degli incendi come emergenza da Protezione Civile. Essa appare nettamente indirizzata all'aggiornamento tecnologico e all'accrescimento della capacità operativa nelle azioni di previsione, prevenzione e lot-

ra attiva contro gli incendi boschivi. La prevenzione sostanzialmente ricalca le misure e le azioni a suo tempo proposte dalla L. 353/2000, e cita come assi portanti generiche indicazioni di valorizzazione e tutela del patrimonio boschivo, iniziative di pulizia delle aree peri-urbane e soprattutto realizzazione di infrastrutture quali postazioni di atterraggio per mezzi di trasporto, cui si aggiungono sentieri, punti di raccolta acqua e viali parafuoco, di fatto presentando queste ultime come innovative e risolutive nella lotta. Si tratta in verità di infrastrutture note da secoli (già descritte per la Provenza da de Ribbe, 1869) ormai messe in crisi dalla realtà degli incendi di nuovo tipo, violenti e rapidi, a fronte dei quali, come già detto, a poco servono viali parafuoco di varia ampiezza: gli incendi estremi agevolmente proiettano a distanza anche di chilometri tizzoni e brandelli accesi e innescano una miriade di incendi secondari che si propagano in modo rapido, caotico e imprevedibile, annullando qualsiasi schieramento tattico di risorse tecniche e umane di difesa, basato sulle modalità operative tipiche del paradigma della soppressione. La L. 155/20121 prevede altresì l'acquisto di dispositivi di videosorveglianza utili alla rilevazione dei focolai, in particolare di droni dotati di sensori, di videocamere ottiche e a infrarossi nonché di radar. Le tipologie di acquisti aggiuntivi proposti da Ministero degli Interni e Ministero della Difesa, la cui previsione di spesa è in maniera consistente rivolta all'acquisto di mezzi tecnici per potenziare la difesa, quali elicotteri, autoveicoli fuoristrada e pezzi di ricambio, dettagliatamente descritti nella nota di lettura predisposta dal Senato della Repubblica, Servizio del Bilancio (2021), confermano che la L.155/2021 persegue la perpetuazione del paradigma della soppressione: manca qualsiasi accenno operativo alle cause degli incendi; a popolazione a rischio; a selvicoltura di prevenzione; ai concetti di resilienza, resistenza, vulnerabilità; alla intensità degli incendi. È preoccupante la mancanza di un accenno, seppur minimo, a una indagine sulle cause di incendio nel nostro Paese: l'ultimo rapporto di questo tipo fu realizzato nel 2001 dal Corpo Forestale dello Stato (MIPA-AF-CFS, 2001). Inoltre a partire dal 2018 non è più disponibile il pregevole e dettagliato rapporto annuale redatto dal medesimo Corpo, disciolto e incorporato nell'Arma dei Carabinieri, Comando Unita per la Tutela Forestale, Ambientale e Agroalimentare.

L'indagine disponibile più recente, poco dettagliata e sommaria, riferita all'anno 2017 e predisposta dal suddetto Comando sui dati di circa 7.800 incendi occorsi in quell'anno, riferisce che sono state denunciate per illecito penale solamente 563 persone, di cui 429 per incendio colposo. Questi dati confermano la difficoltà di individuare un responsabile giuridicamente certo degli incendi e tanto più di risalire alle motivazioni degli stessi. In queste statistiche, la percentuale di eventi senza causa accertata è del 22% e l'incidenza

di cause dubbie e piuttosto elevata, soprattutto per gli incendi dolosi, ben il 57% (Vacchiano, 2020).

In questo buio totale di informazione, che rende arduo attuare una prevenzione basata anche sulla modifica del comportamento delle persone che vivono in un determinato territorio a rischio, prospera la disinformazione, rappresentata per esempio dalla frequenza con cui ancora si parla di piromani e di autocombustione. Due possibili ma estremamente improbabili cause, che aiutano a identificare, meglio trovare, un colpevole cui addebitare ogni colpa. Questi termini sono circolati, come avvenuto per il Vesuvio nel 2017, anche nell'estate del 2021 quando disastrosi incendi hanno devastato la Calabria, con attacchi studiati sapientemente e trasferiti sul terreno con grande efficacia per distruggere metodicamente i grandi boschi vetusti ivi ancora presenti. Talune testate locali (Minervino, 2021; Cordova, 2021; Mira, 2021) descrivono esplicitamente motivazioni complesse per questi disastrosi eventi non ultima quella, particolarmente inquietante se dovesse essere confermata, della destinazione a impianti di generazione a biomassa del prodotto legnoso dei soprassuoli percorsi dal fuoco e molto sollecitamente utilizzati e sgombrati subito dopo l'evento (Roberts, 2021), tra l'altro paradossalmente rispettando le Prescrizioni di Massima e di Polizia Forestale. Una indagine a tappeto, dettagliata e oggettiva, appare pertanto di importanza e priorità assolute per comprendere veramente chi e cosa manovra il fenomeno degli incendi (Minervino, 2018), superando la facile soluzione di elaborare le cause e motivazioni raccolte nel tempo dal CFS, ammesso che tali informazioni, ormai non più aggiornate, siano ancora disponibili da qualche parte.

Da quanto detto appare evidente la assoluta impermeabilità della legge 155/2021 alla complessità che caratterizza il contrasto al fenomeno degli incendi, un classico caso di gestione di crisi la cui gestione non può che essere sia preventiva che reattiva simultaneamente, coprendo i periodi prima, durante e dopo la crisi. Pertanto, una gestione integrata delle crisi che includa sia la prevenzione che il confronto (Alexander, 2002; Farantos & Koutsoukis, 2005). A titolo di paragone con la legge 155, si può citare la Legge approvata in Portogallo nel medesimo periodo: *DL n.º 82/2021, de 13 de Outubro Sistema de gestão integrada de fogos rurais no território continental* (PGDL, 2021).

Si ricorda che il Portogallo è tra i più piccoli paesi dell'UE, con soltanto 9.221.200 ettari di superficie territoriale (includendo le isole nell'Atlantico), coperta da foreste per il 36%. Tra i 5 Stati Membri meridionali dell'EU, che costituiscono il c.d. *fire club* (Francia, Grecia, Italia, Portogallo, Spagna), il Portogallo registra il maggior numero di incendi ogni anno (787.291 su un totale di 1.985.281 per il periodo 1980-2020, pari al 39,64% circa), mentre è al secondo posto dopo la Spagna per area percorsa (4.814.736 ettari su

un totale di 18.049.380 pari al 26,68% per il medesimo periodo; San Miguel-Ayanz et al., 2021).

Nel periodo 1980-2020, per dieci volte le superfici annualmente percorse in Portogallo hanno superato i 150.000 ettari (San Miguel-Ayanz et al., 2021); di esse, per tre volte le superfici percorse in un anno hanno superato i 300.000 ettari: 471.750 nel 2003, 346.718 nel 2005, 540.638 nel 2017.

Nel 2017 in Portogallo si è verificata la peggiore stagione di incendi nella storia del Paese, con una superficie totale percorsa di 540.638 ettari (San Miguel Ayanz et al, 2020) di cui 45.326 nell'incendio di Pedrógão Grande, nel mese di giugno, con 65 morti, e valori di intensità di 60.000 kWm<sup>-1</sup> e 213.833 ettari percorsi nei successivi "Incendi di ottobre", una serie di incendi confluiti in sette giganteschi eventi complessi, con intensità giunta a 100.000 kWm<sup>-1</sup>, con 51 morti. In entrambi i casi, come evidenziato dal valore di intensità, si trattava di incendi estremi.

Si riporta qui di seguito la traduzione di parte dal preambolo del DL n. 82/2021:

L'impatto drammatico dei grandi incendi rurali nella vita dei portoghesi, con perdita di vite umane, proprietà e migliaia di ettari di foresta, ha determinato la ferma volontà di *cambiare il paradigma nazionale sulla prevenzione e la lotta contro gli incendi rurali*, che sono espressi nelle linee guida approvate dalla risoluzione del Consiglio dei Ministri n. 157-A/2017 del 27 ottobre e i principi espressi nella Direttiva unica di prevenzione e lotta, approvata dalla risoluzione del Consiglio dei Ministri n. 20/2018 del 1° marzo.

Questo *nuovo regime introduce la gestione integrata dei territori rurali e la mobilitazione dei settori agricolo e zootecnico per integrare la prevenzione con la soppressione*, riconoscendo che l'adozione di buone pratiche di pianificazione e gestione del paesaggio, tra cui l'implementazione e la manutenzione delle fasce di gestione dei combustibili, lo smaltimento e il riutilizzo delle residui, il rinnovo dei pascoli e i mosaici agro-forestali-pastorali, sono cruciali per un territorio più resiliente, vitale e generatore di valore.

È interessante constatare che il concetto di cambio di paradigma tra soppressione e prevenzione è già accettato e contenuto in un testo di legge ufficiale in un paese così tragicamente segnato dal ripetersi di incendi in tempi ravvicinati. Tra l'altro il D.L. parla di incendi rurali, a sottolineare, già nel titolo, che il fuoco dilaga in tutto lo spazio dove ci siano combustibili naturali di cui alimentarsi. E non si limita alle superfici boscate.

Nel nostro Paese, che fortunatamente finora non ha mai conosciuto disastri come gli incendi dell'anno 2017 in Portogallo, perpetuare un modello operativo esclusivamente basato sulla soppressione, con pochi spiragli per la prevenzione, è una rischiosa sottovalutazione della pericolosità e complessità

del problema incendi. Ancor più imprudente è sostenere che la flotta aerea nazionale rappresenti un efficace baluardo contro incendi tragici come quello di Mati (Grecia) del luglio 2018 e che «Quello che è successo ad Atene in Italia non potrebbe capitare» (Alvaro, 2018).

## CONCLUSIONE

Il miglioramento tecnologico e la maggiore disponibilità finanziaria non modificano la capacità di controllo degli attuali dispositivi di difesa. Per affrontare le sfide legate al *climate change* occorre un cambio di paradigma, che enfatizzi la prevenzione, integrandola alla attività di soppressione e assegnando a essa almeno il 60% delle somme disponibili per la difesa dagli incendi. Ciò significa operare a livello di territorio e non su limitate porzioni di esso e porre in essere interventi che agiscano sinergicamente sia sulla componente umana, che su quella fisica, con azioni interconnesse per ridurre l'intensità di eventuali incendi che dovessero occorrere.

Le modalità di intervento per realizzare al meglio la innovativa e complessa attività del paradigma della prevenzione, richiedono, tra l'altro, l'utilizzazione di professionalità diverse e aggiuntive a quelle che finora hanno gestito la difesa dagli incendi nello spazio rurale, con una angusta e miope visione settoriale ancora pervicacemente incentrata sull'azione di spegnimento. Ne sono prova tangibile taluni Piani Regionali di Difesa contro gli Incendi, anche recenti.

Per il cambio di paradigma occorrono anche esperti in scienze sociali, soprattutto sociologia e antropologia (McCaffrey et al., 2020), poiché l'auspicato cambio di paradigma prevede interventi che coinvolgono direttamente persone e popolazione a rischio, dovendo affrontare varie tematiche e complessi problemi, non ultimo l'esecuzione di difficili scelte operative, quale l'eventuale evacuazione di insediamenti, laddove la minaccia del fuoco coinvolga senza speranza l'incolumità degli abitanti. Argomento questo finora ignorato del tutto nella nostra realtà e per il quale si registrano distanze abissali dai paesi dove tale pratica è frequente ma di non facile attuazione (Tedim et al., 2020). Le scienze sociali possono anche utilmente contribuire a colmare il vuoto di conoscenza che tuttora si registra sulle cause degli incendi nel nostro paese e che rischia di vanificare ogni serio tentativo di prevenzione basato sulla modifica di comportamento di chi abita nelle zone a rischio.

## RIASSUNTO

Molti degli incendi disastrosi in Portogallo (2017), Grecia (2018), Australia (2009, 2020) e nel 2021 in Italia, Grecia, Turchia, erano incontrollabili, malgrado l'impegno dei servizi di difesa. Si trattava infatti di incendi estremi, ovvero di incendi di 5<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> generazione, che eccedono la *control capacity* (intensità massima del fronte di incendio che può essere affrontata, internazionalmente fissata in 10.000 kWm<sup>-1</sup>). Poiché gli incendi estremi arrivano a intensità di 150.000 kWm<sup>-1</sup>, è ragionevole che il paradigma dell'organizzazione difensiva finalizzata esclusivamente alla soppressione debba essere modificato, spostando l'attenzione dalla soppressione alla prevenzione e aumentando la responsabilizzazione, la consapevolezza e la preparazione delle popolazioni a rischio, senza trascurare il miglioramento della organizzazione difensiva. Alla prevenzione dovrebbe destinarsi almeno il 60% del budget disponibile. Il lavoro analizza altresì la recente L. 155/2021.

## ABSTRACT

*New generation fires and the need to shift the extinction paradigm.* Many of the disastrous fires in Portugal (2017), Greece (2018), Australia (2009, 2020) and in 2021 in Italy, Greece, Turkey, were uncontrollable, despite the efforts of the defense services. They were extreme fires, i.e. 5th and 6th generation fires, which exceed the control capacity (maximum fire front intensity that can be tackled, internationally set at 10,000kWm<sup>-1</sup>). Since extreme fires can reach intensities of 150,000kWm<sup>-1</sup>, it is reasonable that the paradigm of defensive organization aimed exclusively at suppression must be modified, shifting the focus from suppression to prevention and increasing the responsibility, awareness and preparedness of the populations at risk, without neglecting the improvement of defensive organization. At least 60% of the available budget should be allocated to prevention. The paper also analyses the recent Law 155/2021.

## BIBLIOGRAFIA

- ALEXANDER D. (2002): *Principles of Emergency Planning and Management*, Terra Publishing, Harpenden, UK, and Oxford University Press, New York, p. 6.
- ALVARO L.M. (2018): *Protezione Civile. Incendi, Borrelli: "Quello che è successo ad Atene in Italia non potrebbe capitare"*, «Vita Bookazine», 25 luglio 2018, <<http://www.vita.it/it/article/2018/07/25/incendi-borrelli-quello-che-e-successo-ad-atene-in-italia-non-potrebbe/147692/>>.
- ANDERS G. (2007): *L'uomo è antiquato, vol. I, Considerazioni sull'anima nell'epoca della seconda rivoluzione industriale*, trad. it. di L. Dallapiccola, Bollati Boringhieri, Torino, 2007, p. 17.
- BOVIO G. E ASCOLI D. (2012): *Fuoco prescritto: stato dell'arte della normativa italiana*, «L'Italia Forestale e Montana», vol. 67, n. 4, pp. 347-358.

- BRADSTOCK R.A., COHN J.S., GILL A.M., BEDWARD M., AND LUCAS C. (2009): *Prediction and probability of large fires in the Sydney Region of South-eastern Australia using fire weather*, «International Journal of Wildland Fire», 18, pp. 932-943.
- CALABRI G. (1989): *The Social, Political, and Economic Issues of Decision-Making*, Proceedings of the International Wildland Conference, Boston, Massachusetts, July 23-26, 1989, <<https://gfinc.online/wp-content/uploads/First-Int-Wildland-Fire-Conference-Boston-1989-Proceedings.pdf>>, 33.
- CANADAIR (1974): *An assessment for the Canadair CL-215 Fleet requirement for Italy*, Montreal, Quebec, Canada, S.P. 502.
- CASTELNNOU M., KRAUS D., MIRALLES M., DELOGU G. (2010): *Suppression Fire Use in Learning Organizations*. Chapter 5.2 in: Joaquim Sande Silva, Francisco Rego, Paulo Fernandes and Eric Rigolot (Editors), *Towards Integrated Fire Management – Outcomes of the European Project Fire Paradox*, European Forest Institute Research Report 23, 2010, pp. 189-202.
- CENTER FOR DISASTER PHILANTHROPY (CDP) (2021): 2021 International Wildfires <<https://disasterphilanthropy.org/disaster/2021-international-wildfires/>>.
- CHENEY N.P., DEXTER B., ROD INCOLL. BASOCSCI, MANDERSON A.D. (2021?): *Forest Fire Victoria Inc. Submission to Inspector General for Emergency Management. The examination of Victoria's preparedness, response, relief and recovery concerning the 2019-20 fire season*, 172 pp.
- CHERCHI P. (2005): *Incendi e dialettica del fronteggiamento*, in: Regione Autonoma della Sardegna, Atti del Convegno "Incendi boschivi e Rurali in Sardegna. Dall'analisi delle cause alle proposte di intervento", Cagliari 14-15 maggio 2004, pp. 123-132.
- COLLINS R.D., DE NEUFVILLE R., CLARO J., OLIVEIRA T., & PACHECO A.P. (2013): *Forest fire management to avoid unintended consequences: A case study of Portugal using system dynamics*, «Journal of Environmental Management», 130, pp. 1-9, <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.08.033>>.
- CORDOVA C. (2021): *Il sacco dei boschi nella Calabria degli incendi*, «I Calabresi», giornale online 23 agosto 2021, <<https://icalabresi.it/fatti/il-sacco-dei-boschi-nella-calabria-degli-incendi/>>.
- COSTA P., CASTELNNOU M., LARRANAGA A., MIRALLES M. (2011): *Prevention of Large Wildfires using the Fire Types Concept. European Forest Institute. Fire Paradox Project*, ISBN: 978-84-694-1457-6, <[https://www.researchgate.net/publication/263923019\\_Prevention\\_of\\_Large\\_Wildfires\\_using\\_the\\_Fire\\_Types\\_Concept](https://www.researchgate.net/publication/263923019_Prevention_of_Large_Wildfires_using_the_Fire_Types_Concept)>.
- DE RIBBE C. (1869): *Les incendies de forêts de la région des Maures et de l'Estérel (Provence), leurs causes, leur histoire et les moyens d'y remédier*, Paris, Librairie agricole, rue Jacob 26, <<https://archive.org/details/desincendiesdef00ribbgoog/page/n5/mode/2up?view=theater>>.
- EUROPEAN COMMISSION (2018): *Forest Fires — Sparking fire smart policies in the EU* European Commission, <[https://ec.europa.eu/info/publications/forest-fires-sparking-fire-smart-policies-eu\\_en](https://ec.europa.eu/info/publications/forest-fires-sparking-fire-smart-policies-eu_en)>.
- EUROPEAN COMMISSION, DIRECTORATE-GENERAL FOR ENVIRONMENT (2021): *Land-based wildfire prevention: principles and experiences on managing landscapes, forests and woodlands for safety and resilience in Europe*, Nuijten D. (editor), Onida M. (editor), Le-louvier R. (editor), Publications Office, <<https://data.europa.eu/doi/10.2779/37846>>.
- EUROPEAN SCIENCE & TECHNOLOGY ADVISORY GROUP (E-STAG) (2020): *Evolving Risk of Wildfires in Europe. The changing nature of wildfire risk calls for a shift in policy focus from suppression to prevention*, <<https://www.undrr.org/publication/european-science-and-technology-group-e-stag-thematic-paper-fire-risk>>.

- EEA (2017): *Climate change adaptation and disaster risk reduction in Europe. Enhancing coherence of the knowledge base, policies and practices*, «EEA Report», 15, 170 pp., <<https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-adaptation-and-disaster>>.
- FARANTOS G.I. AND KOUTSOUKIS N.S. (2015): *Integrated Crisis Management: A literature review*, in *International Exchanges on Communication, Management and Marketing*, Communication Institute of Greece, Athens, pp. 35-53, <<https://bibbase.org/network/publication/farantos-koutsoukis-integratedcrisismanagementliteraturereview-2015>>.
- FERNANDES P.M. (2010): *Creating fire-smart forests and landscapes*, «forêt méditerranéenne», t. XXXI, n. 4, pp. 417-422.
- FINNEY M.A., GRENFELL I.C., MCHUGH C.W. (2009): *Modeling containment of large wildfires using generalized linear mixed-model analysis*, «Forest Science» 55, pp. 249-255.
- FISCHER A.P., SPIES T.A., STEELMAN T.A., MOSELEY C., JOHNSON B.R., BAILEY J.D., ... BOWMAN D.M. (2016): *Wildfire risk as a socioecological pathology*, «Frontiers in Ecology and the Environment», 14 (5), pp. 276-284, <<http://doi.org/10.1002/fee.1283>>.
- FLANNIGAN M.D., STOCKS B.J., WOTTON B.M. (2000): *Climate change and forest fires*, «The Science of the Total Environment», 262, pp. 221-229, <<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/SRCCL-Full-Report-Compiled-191128.pdf>>.
- FRANCIOSI C., GIAMBELLI M., MORANDO M. (2019): *Participatory process for Civil Protection planning as a tool for a long perspective in Disaster Risks Reduction*, International Conference Life Franca. Trento 21-22 October 2019, <[https://www.lifefranca.eu/wp-content/uploads/2019/10/15\\_Participatory-process-for-Civil-Protection-planning.pdf](https://www.lifefranca.eu/wp-content/uploads/2019/10/15_Participatory-process-for-Civil-Protection-planning.pdf)>.
- HUFFMAN M.R. (2013): *The many elements of traditional fire knowledge: synthesis, classification, and aids to cross-cultural problem solving in fire-dependent systems around the world*, «Ecology and Society», 18 (4), p. 3, <<http://dx.doi.org/10.5751/ES-05843-180403>>.
- INGALSBEER T. (2017): *Whither the paradigm shift? Large wildland fires and the wildfire paradox offer opportunities for a new paradigm of ecological fire management*, «International Journal of Wildland Fire», 26, pp. 557-561, <<http://dx.doi.org/10.1071/WF17062>>.
- IPCC (2012): *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 545-553.
- IPCC (2019): *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley (eds.)].
- LARANJEIRA J, CRUZ H. (2014): *Building vulnerabilities to fires at the wildland urban interface*, in D.X. Viegas, *Advances in Fire Research. Chapter 3 Fire management*, Imprensa da Universidade de Coimbra, pp 673-684, <DOI:[http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0884-6\\_76](http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0884-6_76)>.
- LEONE V. (1988): *Aspetti e limiti dell'attuale dispositivo difensivo contro gli incendi boschivi*, «Cellulosa e Carta», 5, pp. 15-23.
- LEONE V. (2021): *Una questione di tutti: le comunità Fire-smart, Firewise e il concetto di Fire Smart Territory. #FOCUSINCENDI / Gestione Incendi boschivi*, <<https://sisef>>.

- org/2021/08/26/una-questione-di-tutti-le-comunita-fire-smart-firewise-e-il-concetto-di-fire-smart-territory/>.
- LEONE V. (2022): *L'interfaccia urbano foreste (WUI). Definizione, problemi di incendi e relative modalità di prevenzione*, «Risk Elaboration. Strategie integrate per la resilienza», Anno III, 2, pp. 95-112.
- LEONE V., TEDIM F. AND XANTHOPOULOS G. (2020): *Fire Smart Territory as an innovative approach to wildfire risk reduction*, Chapter 11 in: Fantina Tedim, Vittorio Leone, Tara K. Mcgee (Eds), *Extreme Wildfire Events and Disasters: Root Causes and New Management Strategies*, Elsevier, pp. 201-215.
- LEVIN K., BOEHM S., CARTER R. (2022): *6 Big Findings from the IPCC 2022 Report on Climate Impacts, Adaptation and Vulnerability*, <<https://www.wri.org/insights/ipcc-report-2022-climate-impacts-adaptation-vulnerability>>.
- LIU J., DIETZ T., CARPENTER S.R. ET AL. (2007): *Complexity of coupled human and natural systems*, «Science», 317, pp. 1513-1516.
- LUECK D., YODER J. (2013): *The Economic Evolution of Wildfire Suppression Organizations*, 17th Annual Conference of The International Society for New Institutional Economics, Florence, Italy, June 2'-22, <[https://extranet.sioe.org/uploads/isnie2013/lueck\\_yoder.pdf](https://extranet.sioe.org/uploads/isnie2013/lueck_yoder.pdf)>.
- LUECK D., YODER J. (2015): *The Economic Foundations of Firefighting Organizations and Institutions*, «Journal of Forestry», volume 113, issue 3, pp. 291-297, <<https://doi.org/10.5849/jof.14-050>>.
- MCCAFFREY S., MCGEE T.K., COUGHLAN M., TEDIM F. (2020): *Understanding wildfire mitigation and preparedness in the context of extreme wildfires and disasters. Social science contributions to understanding human response to wildfire*, Chapter 8 in: Fantina Tedim, Vittorio Leone, Tara K. Mcgee (Eds), *Extreme Wildfire Events and Disasters: Root Causes and New Management Strategies*, Elsevier, pp. 155-174.
- MINERVINO M.F. (2018): *Mentre la Calabria brucia*, «Doppiozero», 8 gennaio 2018, <<https://www.doppiozero.com/materiali/mentre-la-calabria-brucia>>.
- MINERVINO M.F. (2021): *La Calabria brucia nei suoi roghi di speculazione e indifferenza*, «I Calabresi», giornale online, <<https://icalabresi.it/fatti/la-calabria-brucia-nei-suoi-roghi-di-speculazione-e-indifferenza/>>.
- MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE E FORESTALI- CORPO FORESTALE DELLO STATO (2001): *Indagine conoscitiva sugli incendi boschivi*, 247 pp.
- MIRA A.M. (2021): *Incendi. Il silenzio della montagna incenerita. Calabria, dopo le fiamme c'è il deserto*, «Avvenire.it», 20 agosto 2021, <<https://www.avvenire.it/attualita/pagine/incendi-calabria-boschi-a-fuoco-deserto-montagna>>.
- MORIONDO M., GOOD P., DURAO R., BINDI M., GIANNAKOPOULOS C., & CORTE-REAL J. (2006): *Potential impact of climate change on fire risk in the Mediterranean area*, «Climate Research», 31 (1), pp. 85-95, <<http://www.jstor.org/stable/24869265>>.
- MOREIRA F., ASCOLI D., SAFFORD H., ADAMS M.A., MORENO J.M., PEREIRA J.M.C., CACTRY F.X., ARMESTO J., BOND W., GONZÁLEZ M.E., CURT T., KOUTSIAS N., MCCAW L., PRICE O., PAUSAS J.G., RIGOLOT E., STEPHENS S., TAVSANOGLU C., VALLEJO V.R., VAN WILGEN B.W., XANTHOPOULOS G., FERNANDES P.M. (2020): *Wildfire management in Mediterranean-type regions: Paradigm change needed*, «Environmental Research Letters», vol. 15, issue 1, page 011001, DOI 10.1088/1748-9326/ab541e, EISSN: 1748-9326.
- MORITZ M.A., BATLLORI E., BRADSTOCK R.A., GILL A.M., HANDMER J., HESSBURG P.F., LEONARD J., MCCAFFREY S., ODION D.C., SCHOENNAGEL T. (2014): *Learning to coexist with wildfire*, «Nature», 515 (6), pp. 58-66.

- NYARKU K. AND AGYAPONG G. (2011): *Rediscovering SWOT Analysis: The Extended Version*, «Academic Leadership: The Online Journal», Vol. 9, Issue 2, Article 28, <<https://scholars.fhsu.edu/alj/vol9/iss2/28>>.
- NOAA (2021): *It's official: July was Earth's hottest month on record*, <<https://www.noaa.gov/news/its-official-july-2021-was-earths-hottest-month-on-record>>.
- NOAA (2021): *2021 was world's 6th-warmest year on record*, <<https://www.noaa.gov/news/2021-was-worlds-6th-warmest-year-on-record>>.
- NOAA (2022): *State of the Climate: Global Climate Report for 2021*, published online January 2022, <<https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/202113/supplemental/page-1>>.
- OLSON R.L., BENGSTON D.N., DEVANEY L., THOMPSON T.A.C. (2015): *Wildland fire management futures: insights from a foresight panel*, «Gen. Tech. Rep.», NRS-152, Newtown Square, PA., U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, 44 p.
- PCM-DPC (2021): *Concorso della flotta aerea dello Stato nella lotta attiva agli incendi boschivi. Indicazioni operative*, Edizione 2021, 80 p., <<https://www.protezionecivile.gov.it/static/307e9a3e2e31559a374c9f45087fcde5/direttiva-aib-2021.pdf>>.
- PGDL (Procuradoria-Geral Distrital de Lisboa) (2021): *DL n. 82/2021, de 13 de Outubro Sistema de gestão integrada de fogos rurais no território continental*, <[https://www.pgdlisboa.pt/leis/lei\\_mostra\\_articulado.php?nid=3453&tabela=leis&so\\_miolo=>](https://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=3453&tabela=leis&so_miolo=>)>.
- RICHTER F. (2021): *Wildfires in Europe. Heat and Drought Stoke Extreme Fire Season in Europe*, <<https://www.statista.com/chart/25503/number-of-wildfires-in-europe/>>.
- ROBERTS H. (2021): *Mafia hand suspected as Italy battles wildfires. Organized crime syndicates are suspected of targeting public money for reforestation*, «PoliticoPro», 15 agosto 2021, <<https://www.politico.eu/article/mafia-suspected-italy-wildfires/>>.
- ROESLI H.P., FIERLI F. AND LANCASTER S. (2021): *Smoke and burned areas from Greece Widespread smoke and large burned area scars from the wildfires across in Greece in August 2021 shown in satellite imagery. EUMETSAT*, <<https://www.eumetsat.int/smoke-and-burned-areas-greek-fires>>.
- SAN-MIGUEL-AYANZ J., OOM D., ARTES T., VIEGAS D.X., FERNANDES P., FAIVRE N., FREIRE S., MOORE P., REGO F., CASTELLNOU M. (2020): *Forest fires in Portugal in 2017*, in Casajus Valles A., Marin Ferrer M., Poljanšek K., Clark I. (eds.), *Science for Disaster Risk Management 2020: acting today, protecting tomorrow*, EUR 30183 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-18182-8, doi:10.2760/571085, JRC114026.
- SAN-MIGUEL-AYANZ J., DURRANT T., BOCA R., MAIANTI P., LIBERTÀ G., ARTES VIVANCOS T., JACOME FELIX OOM D., BRANCO A., DE RIGO D., FERRARI D., PFEIFFER H., GRECCHI R., NUIJTEN D. AND ONIDA M. (2021): *Advance EFFIS Report on Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2020*, EUR 30693 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-37557-9, doi:10.2760/344684, JRC124833.
- SERVIZIO DEL BILANCIO (2021): *Nota di lettura, «A.S. 2381: "Conversione in legge del decreto-legge 8 settembre 2021, n. 120, recante disposizioni per il contrasto degli incendi boschivi e altre misure urgenti di protezione civile"»*, NL 251, settembre 2021, Senato della Repubblica, XVIII legislatura, <[https://www.senato.it/leg/18/BGT/Schede/Ddliter/dossier/54405\\_dossier.htm](https://www.senato.it/leg/18/BGT/Schede/Ddliter/dossier/54405_dossier.htm)>.
- TEDIM F., LEONE V. (2017): *Enhancing resilience to wildfire disasters: from the "war against fire" to "coexist with fire. Disaster resilience: an integrated approach*, Chapter in D. Paton, D. Johnston (Eds.), *Resilience. An Integrated Approach*, Charles C Thomas, Publisher, 2017, pp. 362-383.

- TEDIM F., LEONE V. AND XANTHOPOULOS G. (2015): *Wildfire risk management in Europe: the challenge of seeing the 'forest' and not just the 'trees'*, in Proceedings of the 13th International Wildland Fire Safety Summit & 4th Human Dimensions of Wildland Fire Conference, April 20-24, 2015, Boise, Idaho, USA. International Association of Wildland Fire. pp. 213-238.
- TEDIM F., LEONE V., XANTHOPOULOS G. (2016): *A wildfire risk management concept based on a social-ecological approach in the European Union: Fire Smart Territory*, «Int. J. Disaster Risk Reduction», 18, pp. 138-153, <<https://doi.org/10.1016/J.IJ-DRR.2016.06.005>>.
- TEDIM F., LEONE V., AMRAOUT M., BOUILLON C., COUGHLAN M., DELOGU G., FERNANDES P., FERREIRA C., MCCAFFREY S., MCGEE T.K., PARENTE J., PATON D., PEREIRA M., RIBEIRO L., VIEGAS D.X., XANTHOPOULOS G. (2018): *Defining extreme wildfire events: difficulties, challenges, and impacts*, «FIRE», 1, 9.
- TEDIM F., MCCAFFREY S., LEONE V., DELOGU G.M., CASTELNOU M., MCGEE T.K. AND ARANHA J. (2020): *What can we do differently about the extreme wildfire problem: An overview*, Chapter 13 in Fantina Tedim, Vittorio Leone, Tara K. Mcgee (Eds), *Extreme Wildfire Events and Disasters: Root Causes and New Management Strategies*, Elsevier, pp. 233-258.
- TEDIM F., LEONE V., MCCAFFREY S., MCGEE T.K., COUGHLAN M., CORREIA F.J.M., MAGALHÃES C.G. (2020): *Safety enhancement in extreme wildfire events*, Chapter 5 in Fantina Tedim, Vittorio Leone, Tara K. Mcgee (Eds), *Extreme Wildfire Events and Disasters: Root Causes and New Management Strategies*, Elsevier, pp. 91-116.
- TOLHURST K.G. (2009): *Report on the physical nature of the Victorian fires occurring on 7th February 2009*, Vol. EXP.003.001.0017: Victorian Bushfires Royal Commission.
- TORN M.S., FRIED J.S. (1992): *Predicting the impacts of global warming on wildland fire*, «Clim. Change», 21, pp. 257-274.
- TURCO M., ROSA-CÁNOVAS J.J., BEDIA J., JEREZ S., MONTÁVEZ J-P, LLASAT M.C. & PROVENZALE A. (2018): *Exacerbated fires in Mediterranean Europe due to anthropogenic warming projected with nonstationary climate-fire models*, «Nature communications», 9, 3821 (2018), <<https://doi.org/10.1038/s41467-018-06358-z>>.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (2022): *Spreading like Wildfire: The Rising Threat of Extraordinary Landscape Fires. A UNEP Rapid Response Assessment*, Nairobi, <<https://www.unep.org/resources/report/spreading-wildfire-rising-threat-extraordinary-landscape-fires>>, 126 pp.
- VIEGAS D.X. (2013): *Are extreme forest fires the new normal?*, «The Conversation», July 9, 2013, <<https://theconversation.com/are-extreme-forest-fires-the-new-normal-15824>>.
- VIEGAS D.X. (2018): *Wildfires in Portugal*, «Fire Research», 2 (1), <<https://doi.org/10.4081/fire.2018.52>>.
- WEBER C. E ARMARIO C. (2016): *FIRE 'It hit hard. It hit fast': fire crews describe fast-moving California wildfire*. *Global News*, August 17, 2016, <<https://globalnews.ca/news/2888956/it-hit-hard-it-hit-fast-fire-crews-describe-fast-moving-california-wildfire/>>.
- WILLIAMS A.A.J., KAROLY D.J., TAPPER N. (2001): *The sensitivity of Australian fire danger to climate change*, «Clim. Change», 49, pp. 171-191.
- WORLD BANK GROUP (2020): *World Bank policy note: Managing wildfires in a changing climate (IUFRO Occasional Paper No. 32)*, 34 pp., <[https://www.profor.info/sites/profor.info/files/PROFOR\\_ManagingWildfires\\_2020\\_final.pdf](https://www.profor.info/sites/profor.info/files/PROFOR_ManagingWildfires_2020_final.pdf)>.
- WOTTON B.M., FLANNIGAN M.D. AND MARSHALL G.A. (2017): *Potential climate change*

- impacts on fire intensity and key wildfire suppression thresholds in Canada*, «Environ. Res. Lett.», 12 (2017), 095003.
- WWF (2019): *The Mediterranean burns. WWF's Mediterranean proposal for the prevention of rural fires*, <[http://awsassets.panda.org/downloads/wwf\\_the\\_mediterranean\\_burns\\_2019\\_eng\\_final.pdf](http://awsassets.panda.org/downloads/wwf_the_mediterranean_burns_2019_eng_final.pdf)>, 32 pp.
- XANTHOPOULOS G., LEONE V., DELOGU G.M. (2020): *The suppression model fragilities: The "firefighting trap"*, Chapter 7 in Fantina Tedim, Vittorio Leone, Tara K. McGee (Eds), *Extreme Wildfire Events and Disasters. Root Causes and New Management Strategies*, Elsevier, pp. 135-153.