

INCENDI NELLO SPAZIO RURALE E INCENDI ESTREMI

Vittorio Leone

Accademico Emerito dei Georgofili

vittorioleone40@gmail.com

Abstract – This paper highlights the multiplication of wildfires characterized by extreme values of intensity, rate of spread and spotting distance; against them extinction activity cannot have efficacy, since they exceed the critical threshold of control capacity, internationally accepted in $10,000 \text{ kWm}^{-1}$. Our country is potentially prone to such events defined as EWE (Extreme Wildfire Event), against which no contribution can be provided by the activity of firefighting service, even if equipped with aerial means for water bombing. In the impossibility of efficacious suppression intervention, the only alternative is to increase prevention activity, by reducing vulnerability and enhancing the resilience of people and of the territory where they live.

Keywords: *capacità di controllo, cambio di paradigma, EWE, fire fighting trap, Fire Smart Territory, indice di concentrazione, incendi estremi, megafire, paradosso della lotta agli incendi, prevenzione, resilienza, soppressione.*

Introduzione

Gli incendi boschivi¹ sono originati da fattori naturali o, in talune aree geografiche, prevalentemente da azioni antropiche (involontarie o volontarie) e sono un fenomeno di rilevante ampiezza a livello mondiale. Tra il 2005 e il 2011 le stime delle superfici percorse dal fuoco, a livello mondiale, realizzate da immagini satellitari, oscillano tra 187,10 e $459,44 \cdot 10^6$ ettari, con una accentuata variabilità che dipende dal tipo di sensore e dall'algoritmo usato nella elaborazione dei dati (Humbert et al. 2019). Circa il numero degli eventi, a livello globale, nel periodo 2002-2013 circa $23 \cdot 10^6$ incendi sono stati rilevati da MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) installato sui satelliti AQUA e TERRA lanciati da NASA, corrispondenti a circa 1.917.000 eventi per anno, 5.251 per giorno (Bowmann et al. 2017). NASA stima che in media in un giorno qualunque del mese di agosto siano attivi, a livello globale, 10.000 incendi, il 70% dei quali in Africa, considerata il *fire continent*. Si tratta comunque di valori visibilmente sottostimati, per via della risoluzione della banda termica di MODIS maggiore rispetto all'altro sensore utilizzato nell'individuazione di incendi, il VIIRS. Le conseguenze sono notevoli a livello di impatto ecologico: si stima che nel periodo

1997-2016 gli incendi abbiano rilasciato ogni anno nell'atmosfera $8,1 \cdot 10^{15}$ g di CO_2 (petag, milioni di miliardi di grammi), pari al 23% delle emissioni di combustibili fossili. Notevole anche l'impatto economico, in termini di distruzione di infrastrutture, immobili per abitazione o industriali, di superfici produttive, di animali morti e l'impatto sociale, inteso come effetto sulla salute: decessi, feriti, inquinamento da fumo e polveri sottili. Si calcola che a livello globale le emissioni degli incendi siano responsabili del 3-8% dei 3,3 milioni di morti premature che avvengono ogni anno per effetto dell'inquinamento atmosferico (Van Der Werf 2017).

Nel territorio della UE dal 2000 al 2017 gli incendi, in media 65.000 ogni anno, hanno percorso in totale quasi 8.500.000 ettari, circa 8,5 volte la superficie della Basilicata, con una media di 480.000 ha percorsi ogni anno e una perdita complessiva di 611 vite umane (circa 34/anno fra addetti allo spegnimento e civili) (European Forest Fire Information System EFFIS, <https://ec.europa.eu/jrc/en>). Secondo attendibili stime, l'impatto economico per i cinque stati meridionali dell'Unione Europea, (il cosiddetto "fire club": Grecia, Spagna, Francia, Italia e Portogallo), potrebbe essere di oltre 5 miliardi €/anno nel periodo 2070-2100; altri studi indicano

“Si stanno, inoltre moltiplicando, a livello mondiale, e negli ultimi anni anche nel bacino del Mediterraneo, incendi sempre più devastanti, con un pesante bilancio in termini di superfici percorse e perdite di vite umane, caratterizzati da elevata velocità di propagazione del fronte di fiamme e da elevatissimi valori di intensità; fenomeno mai verificato in passato.”



perdite economiche che superano i 54 miliardi di euro (circa 3 miliardi €/anno; EC 2018). Nel 2017, un autentico *annus horribilis* per gli incendi a livello mondiale, gli incendi hanno percorso oltre 1.200.000 ettari nella UE, con un bilancio di 127 vittime tra civili e addetti allo spegnimento. I danni economici stimati da EFFIS sono stati di € 10 miliardi (San Miguel-Ayanz et al. 2018).

Si stanno, inoltre moltiplicando, a livello mondiale, e negli ultimi anni anche nel bacino del Mediterraneo, incendi sempre più devastanti, con un pesante bilancio in termini di superfici percorse e perdite di vite umane, caratterizzati da elevata velocità

di propagazione del fronte di fiamme e da elevatissimi valori di intensità; fenomeno mai verificato in passato.

Così in Portogallo: incendi di Pedrogao Grande e Gois, giugno 2017: percorsi 46.435 ettari, 66 morti e oltre 200 feriti (Comissão Técnica Independente 2017); nel Centro Nord del Portogallo, 15-17 ottobre 2017, in concomitanza con il tifone Ophelia, percorsi oltre 200.000 ettari, di cui una superficie di ben 45.505 ettari percorsi da un singolo incendio; 46 morti in totale, 91 feriti (Comissão Técnica Independente 2018).

In Grecia, il 23 luglio 2018, giornata con forti venti caldi e secchi e temperatura di

circa 40°C, nella località vacanziera di Mati, a meno di 40 chilometri da Atene, il fuoco in poco più di due ore ha percorso 3.200 ha, di cui 1.431 ha di foresta, causando 102 morti, 600 feriti, danneggiamento di 3.236 case in muratura e cemento, di cui 908 con danno irreparabile (Xanthopoulos, pers. comm.; Xanthopoulos and Athanasiou 2018; IFRC 2019).

Incendi dello stesso tipo si sono verificati recentemente in California, dicembre 2017, contee di Ventura e Santa Barbara, 230.000 ettari percorsi in una settimana; in California 2018, contea di Mendocino: inceneriti 114.850 ettari di terreno. Sempre in California, il 9 ottobre 2020, 8.320 incendi

hanno percorso 4.267.386 acri (1.726.950 ettari), più del 4% dei circa 100 milioni di acri di superficie dello Stato, rendendo quella del 2020 la peggiore stagione di incendi mai registrata nella storia moderna della California, secondo il Cal. Department of Forestry and Fire Protection, con danni stimati in \$ 10 miliardi (<https://abc7news.com/california-wildfires-cost-of-cal-fire-stanford-wildfire-research/6897462/>).

In Australia tra l'ottobre 2019 ed il febbraio 2020 grandi incendi hanno provocato 30 morti, con circa 13 milioni di ettari percorsi, circa il 21% della superficie boscata dell'intera Australia (esclusa la Tasmania) (<https://www.bbc.com/news/world-australia-50>; <https://www.theguardian.com/australia-news/2020/feb/25/unprecedented-globally-more-than-20-of-australias-forests-burnt-in-bushfires>).

Si tratta di eventi con tragici bilanci di vite umane perse, numerosi feriti e danni estremamente elevati, per i quali si pone anzitutto il problema della definizione, per parlarne in modo univoco e comprenderne dinamica, conseguenze, eventuale ripetibilità, e soprattutto indicare possibili soluzioni.

Tipologie di incendi

Esistono almeno 25 termini diversi (Tedim et al. 2018) per indicare incendi straordinari, con comportamento estremo in termini di intensità, lunghezza di fiamme, velocità di propagazione, distanza di insorgenza di fuochi secondari dal fronte principale e conseguenze, quali ad esempio l'ampiezza della superficie percorsa e la gravità dei danni a persone e cose.

I termini fanno riferimento:

1. all'ampiezza dell'area percorsa (*Extensive fire, Extremely large fire, Large fire, Large infrequent fire, Megablaze, Megaburning, Megafire, Very large fire*), cui si sono aggiunti recentemente i termini di *Gigafire*, usato in USA per un singolo incendio che abbia percorso almeno 1 milione di acri (nel caso specifico l'August Complex Fire del 6 ottobre 2020, cioè circa 404.687 ettari), e *Terafire* che dovrebbe essere riservato ad eventi con la superficie mostruosa di 10.000.000 acri (4,05 milioni di ettari);
2. al comportamento estremo, imprevedibile e tumultuoso del perimetro in fiamme

(Area fire, Blow-up fire, Conflagration, Eruptive fire, Extreme wildfire event, Fires of concern, Firestorm, Generalized blaze, Mass fire);

3. all'entità o gravità dell'impatto e delle relative conseguenze (Catastrophic fire, Disaster fire, Disaster, Disastrous fire).

I termini sono riportati nella dizione originale poiché la traduzione nella nostra lingua proporrebbe termini certo più comprensibili e corretti ma estranei al mondo della ricerca internazionale di settore, la cui lingua è tassativamente l'inglese.

I termini che risultano di più ampia utilizzazione, almeno in ambito EU, sono *megafire* (letteralmente grande incendio), ad indicare un incendio che abbia percorso almeno 500 ettari (il valore 500 si applica al territorio dell'EU, ma i minimi ed i massimi di superficie sono ben più ampi, se valutati a livello mondiale) ed *Extreme Wildfire Event* (EWE).

Una percentuale variabile dall'1 al 5% di tutti gli incendi boschivi si trasforma in eventi di grandi dimensioni, rappresentando quindi circa l'85% delle spese totali di soppressione e fino al 95% dell'area totale percorsa (Williams et al. 2011). In Europa, il 2% degli incendi è responsabile dell'80% dell'area percorsa annualmente (San Miguel-Ayanz 2103). Una ulteriore conferma della generale validità della nota legge o principio di Pareto (1897), secondo cui circa il 20% delle cause provoca l'80% degli effetti. Per il termine *Extreme Wildfire Event* (EWE), riferito ad incendio che presenti valori dei parametri di comportamento all'estremo della scala di misura, è stata recentemente proposta una definizione (Tedim, et al. 2018), che sta riscuotendo ampio consenso a scala mondiale, dimostrato dal numero di accessi e download (rispettivamente 8525 e 8630, con 85 citazioni; dati al 12 ottobre 2020), del testo pubblicato il 25 febbraio 2018 sulla rivista FIRE.

La proposta di definizione di incendio estremo, è la seguente:

“evento piroconvettivo (con formazione di pirocumulonimbo, pyroCB) a comportamento erratico e imprevedibile, a rilevante impatto socio economico ed ambientale, caratterizzato dai seguenti parametri soglia di comportamento:

Intensità sul fronte dell'incendio

>10.000 kWm⁻¹

R.O.S. (velocità di propagazione)

> 50 mmh⁻¹ (3 kmh⁻¹)

Distanza di insorgenza di fuochi secondari (spotting) > 1 km dal fronte”.

Gli EWE rientrano nelle categorie 5,6,7 della recente classificazione della gravità degli incendi (Tedim, et al. 2018; Tedim et al. 2020); essa è basata su parametri di comportamento e comprende eventi con intensità superiore a 10.000 kWm⁻¹.



La possibilità di classificare un evento come EWE richiede la disponibilità di taluni parametri: lunghezza e/o altezza di fiamma, velocità di propagazione, distanza dal fronte di fenomeni di *spotting* (fuochi secondari). Dai valori di altezza o lunghezza di fiamma si può stimare, con semplici formule esponenziali², il valore dell'intensità espresso in kW per metro. Nessuno di tali valori è oggetto di sistematica rilevazione nel nostro paese, per cui nelle statistiche è impossibile stabilire quali e quanti eventi possano essere classificati EWE, limitandoci a registrare soltanto numero e ampiezza degli eventi.

Capacità di controllo

Nelle cronache di molti degli eventi accennati, disponibili online, è ricorrente l'affermazione che si trattava di eventi impossibili da controllare, per i quali (soprattutto in USA, Canada e Australia) l'unica possibilità di scampo consisteva nella evacuazione. Per esempio, nel caso del Fort McMurray Fire in Canada, nel 2016, circa 88.000 persone furono evacuate. Gli EWE infatti sfuggono alla capacità di controllo, poiché superano la soglia di intensità comunemente accettata a livello internazionale di 10.000 kWm⁻¹, indicativamente fiamme dell'altezza (o lunghezza) di circa 6,0 m. Ciò significa l'incapacità di controllare gli incendi



che, ancorché in numero ridotto, sono responsabili della maggior parte dei danni. All'interno della capacità di controllo, i seguenti valori sono comunemente accettati dalla comunità scientifica internazionale (Wotton et al. 2017):

1. <450 kWm⁻¹ attacco diretto sulle fiamme con attrezzi manuali;
2. 2.000kWm⁻¹ limite operativo di efficacia delle risorse di terra senza supporto aereo;
3. 4.000 kWm⁻¹ la soppressione con mezzi aerei diventa inefficace;
4. 10.000 kWm⁻¹ anche i mezzi aerei pesanti sono inefficaci; si manifestano incendi di chioma dove solamente tecniche indirette come il fuoco tattico di soppressione, per esempio il controfuoco (Montiel e Kraus, 2010), possono essere decisive.

Per intensità superiori ai 3.000 kWm⁻¹ le attività di contenimento devono concentrarsi sul fianco degli incendi, laddove l'intensità è minore, e sulla protezione di vite e beni (Accademia Australiana delle Scienze 2019). Con valori di intensità lineare di circa 4.000 kW m⁻¹ il controllo è già estremamente difficile, e gli sforzi rischiano di fallire (Hirsch & Martell, 1996; Fernandes & Botelho 2003;

Wotton et al. 2017). Per comprendere perché di fronte ad EWE non si è in condizioni di operare alcun intervento di controllo, si ricorda che negli incendi del 2009 in Australia, a 300 m di distanza dalle fiamme i valori di radiazione di fiamme alte fino a 100 metri erano mortali (Stewart 2009); negli incendi in Portogallo nell'ottobre 2017 (Comune di Vouzela), fuochi secondari sono insorti a distanza da 6 a 21 chilometri dal fronte di fiamme, innescando innumerevoli fuochi secondari. L'EWE di Vouzela comportò un'area percorsa di 16.000 ha e 10 decessi (Ribeiro et al. 2020).

L'intensità degli incendi nello spazio rurale può ormai raggiungere picchi di 150.000 kWm⁻¹, asseriti per taluni incendi del 2009 nella regione di Victoria, in Australia (Tolhurst 2009), abbondantemente superando il limite di 100.000 kWm⁻¹ in precedenza considerato insormontabile (Gill 1998; Scott 2006). Pertanto, con una soglia di 10.000 kWm⁻¹ i servizi di estinzione più avanzati e ben organizzati di fatto possono operare solo sul 6,7% dell'intero intervallo di variabilità dell'intensità sul fronte di un incendio, ovvero nel primo decile di tale valore.

Secondo ricerche in corso in Australia, gli incendi che superino i 1.000 ettari percorsi presentano una o più caratteristiche di comportamento estremo (*spotting, fire tornado* “*firenado*”, *lateral vortices, eruptive fire, crown fire, conflagration, pyro-convective event* con formazione di pirocumulonembo, *downburst*) (Filikov et al. 2019).

Agli incendi superiori alla soglia di 10.000 kWm^{-1} bisogna quindi opporre qualcosa di diverso dalla risposta standard dell'intervento di estinzione, che risulta inefficace.

Un'organizzazione costosa e complessa come quella della Protezione Civile e di talune regioni italiane, pur dotata di mezzi aerei, quali elicotteri pesanti tipo Sikorsky, e aerei per *water bombing* tipo Canadair e Dromader (cui si sono aggiunti recentemente i droni per l'osservazione del focolaio e per la gestione delle operazioni di spegnimento), è quindi in grado di controllare solo fuochi di intensità medio-bassa, che rappresentano la maggior parte degli eventi, ma non di contenere valori elevati di intensità, il cui numero è previsto possa aumentare in un prossimo futuro, diventando purtroppo la “*nuova normalità*” (Beighley & Hyde 2018).

Circa i mezzi aerei, che costituiscono il nerbo della organizzazione di difesa antincendio della Protezione Civile, le loro performance operative in termini di capacità di estinzione sono un dato inspiegabilmente eluso: in letteratura abbondano indicazioni tecniche quali la velocità ascensionale dei Canadair, la loro velocità massima, la velocità di crociera massima, il rateo di salita a pieno carico, la quota di tangenza massima, ma il dato più importante, l'intensità lineare massima su cui il mezzo può operare con successo, rimane sorprendentemente sconosciuto e i pochi dati reperibili si riferiscono a poche pubblicazioni vecchie di più di 30 anni.

Per intensità di fuoco superiori ad appena 2.000-3.000 kWm^{-1} , il *water bombing* (letteralmente bombardamento con acqua) diventa inefficace e l'arresto del fronte antincendio è impossibile (Parliament of South Australia n.d.; Stechishen et al. 1982; Loane e Gould 1986; Australian Academy of Sciences, 2019).

La ricorrente oleografia del Canadair, il “*bombardiere buono*” che spegne tutti gli incendi, è pertanto una verità molto addomesticata; le

prove di efficienza di Stechishen et al. (1982), di cui non si conoscono materiali e metodi, effettuate in Canada su cataste sperimentali in fiamme, volenterosamente attestano valori di intensità contenibile fino a 8.355 kWm^{-1} . Nella realtà italiana, pertanto, la rassicurante fiducia nei mezzi aerei della Protezione Civile è in parte dubbia, poiché il tipo di eventi sui quali è tecnicamente possibile intervenire efficacemente è elevato come numero, ma le conseguenti superfici in termini di area percorsa sono modeste, mentre è preoccupante il relativamente esiguo numero di incendi di ampie superfici, che sfuggono a qualsiasi tentativo di controllo. Utilizzando le statistiche CFS del periodo 2008-2017 si riscontra quanto illustrato nella seguente tabella 1.

Numero di eventi			Area percorsa totale		Σ	
Classe ampiezza	di	n°	%	Ettari		%
<1		16.211	37,92	4.818.1462	1,27	1,27
1 - 4.999		14.981	35,04	33.147.7533	8,71	9,98
5 - 9.999		4.654	10,89	30.505.9503	8,01	17,99
10 - 24.999		3.946	9,23	57.548.6046	15,11	33,10
25 - 49.999		1.539	3,60	51.545.9654	13,54	46,78
50 - 99.999		830	1,94	53.820.7186	14,14	60,78
100 - 249.999		431	1,01	63.293.6044	16,62	77,40
250 - 499.999		104	0,24	33.566.9132	8,82	86,22
500 - 999.999		41	0,10	28.496.3162	7,48	93,70
1000 - 4.999.999		10	0,02	14.965.9734	3,93	97,63
≥ 5.000		1	0,00	9.029,07	2,37	100,00
Totale		42.748	100	380.739,0176	100,00	

Nel periodo 2008-2017 sono stati registrati 42.748 eventi, con un'area percorsa di 380.739 ettari, di cui il 35,8% di superficie non boscata. Gli eventi con oltre 500 ettari di superficie percorsa (*megafire*, secondo lo standard UE) sono stati 52, con una superficie totale di 52.491,37 ettari. Gli eventi di oltre 1.000 ha sono stati 11, con un'area percorsa di 23.995,05 ettari. Pertanto, i 63 eventi superiori a 500 ha, cioè lo 0,15% del numero totale, da soli hanno percorso 76.486 ha, pari al 20% dell'area percorsa totale. Si deve presumere che molti di essi fossero EWE. Se aggiungiamo 104 eventi con superficie da 250 a 499,99 ha, il numero totale di eventi superiori a 250 ha (156), cioè 0,36% del totale, ha determinato un'area percorsa totale di 86.058 ha cioè il 22,60% del totale delle aree percorse.

Tab. 1 - Numero di incendi per classi di ampiezza e relative superfici totali percorse (2008-2017).
Fonte: CFS; elaborazione a cura di Lovreglio R.

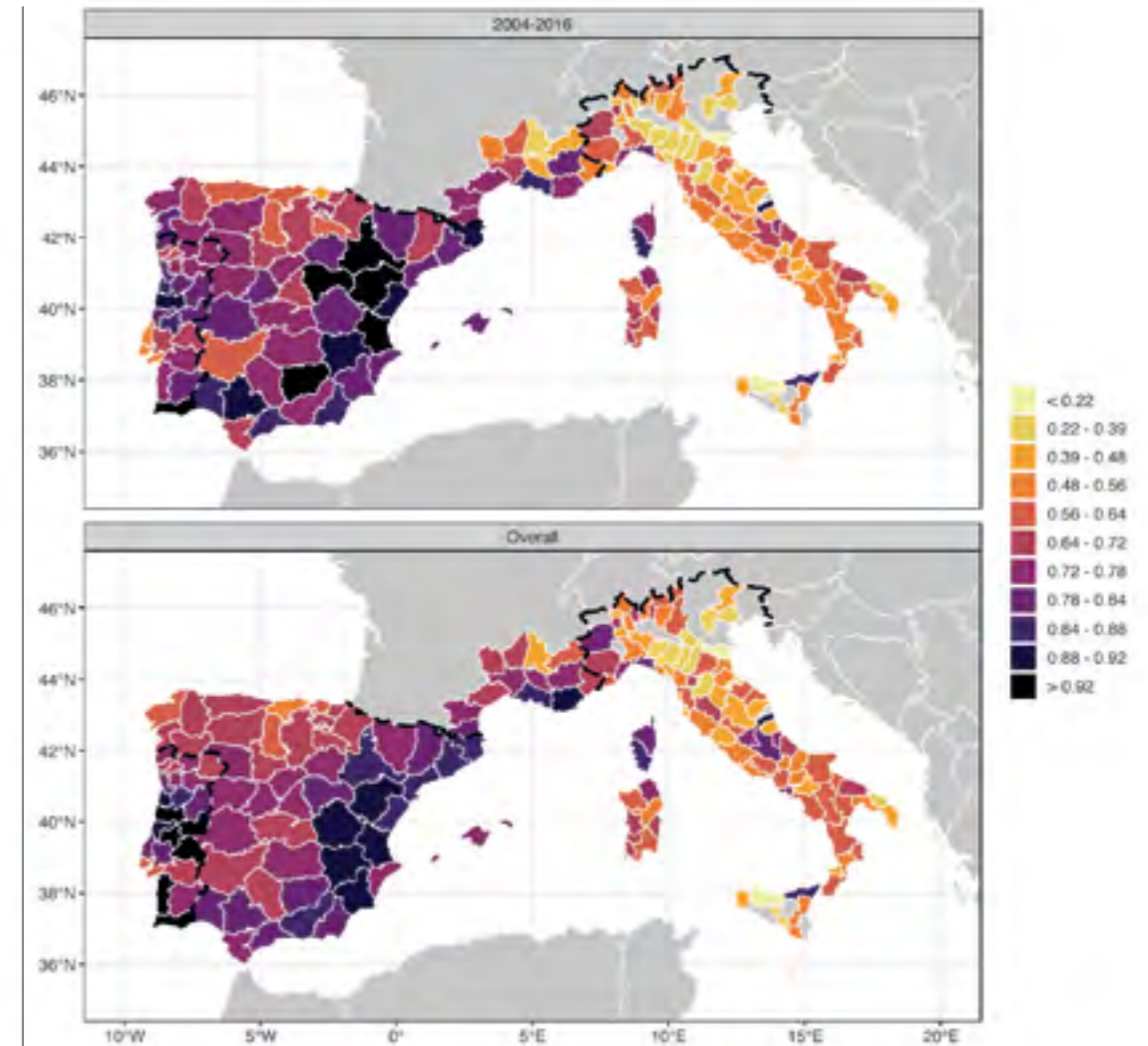


Fig. 1 Valori dell'indice di concentrazione in aree NUTS3 (Royè et al. 2019).

Entità degli incendi nella realtà italiana

Negli anni con meteorologia estrema, l'energia accumulata dalla biomassa al suolo esplose in pochi grandi incendi che causano la maggior parte dei danni. Dal 2004 al 2017 su un totale di 197 incendi che hanno superato i 500 ettari (megafires o Grandi Incendi Forestali, GIF), il 50% si è verificato negli anni 2007 e 2017, anni caratterizzati da ondate di calore anomale. Nel nostro paese taluni eventi appena superiori ai 500 ha sono rimasti memorabili e sono sicuramente da classificare EWE, come quello di Peschici del 24 luglio 2007 (535 ha), che ha determinato 3 morti, 300 feriti o intossicati dal fumo, e comportato l'evacuazione di 3.538 persone, fortunatamente salvate con una complessa operazione navale per mettere in sicurezza migliaia di turisti intrappolati tra il mare e la zona in fiamme.

La sua classificazione come probabile EWE di classe 5, secondo la classificazione di Tedim et al. (2018) già citata, è stata possibile *ex-post* (Ribeiro et al. 2020), mediante il software di simulazione BehavePlus 5, che richiede dati ambientali e non dati di comportamento reale del fuoco, non disponibili.

Circa la possibile incidenza percentuale degli eventi di ampiezza rilevante, si riporta in Fig.1 il risultato di un recente studio (Royè et al. 2019) in cui su scala NUTS 3, ovvero su scala provinciale, si è calcolato per quattro paesi mediterranei dell'UE (esclusa la Grecia) un indice di concentrazione derivato dal noto indice di Gini, per misurare la disuguaglianza nella distribuzione delle classi di ampiezza delle superfici percorse dal fuoco, laddove valori elevati dell'indice di concentrazione indicano che pochi eventi hanno determinato ampie dimensioni di area percorsa.

“Nella impostazione di una diversa pianificazione della difesa, più attenta alla prevenzione, un ruolo cruciale gioca infine la conoscenza delle cause del fenomeno. La conoscenza delle cause degli incendi boschivi e dei principali fattori dell'accensione, è un passo indispensabile verso politiche efficaci di prevenzione degli incendi.”

È evidente per l'Italia una distribuzione certamente più favorevole rispetto ad altri paesi, ma non ideale. Nel Nord dell'Italia valori molto elevati sono registrati in Piemonte e Liguria; nel centro Sud i valori sono sempre superiori a 0.39, con valori molto elevati in Abruzzo, Campania, Puglia, Sicilia, Sardegna e valori massimi > 0.92 in Abruzzo e Sicilia. Il valore non fornisce previsioni di sorta ma si limita ad analizzare eventi già verificatisi; tuttavia evidenzia una diffusa situazione di potenziale rischio, dovuto alla probabilità che si verifichino ulteriori incendi di ampie dimensioni e con caratteristiche tali da essere al di fuori della capacità di controllo.

Il cambiamento climatico e la necessità di un cambio di paradigma

A fronte di tale situazione occorre prendere atto che:

1. il sistema attuale di difesa è oggettivamente incapace di affrontare eventi estremi (EWE e megafire), quelli cioè che, seppur in numero limitato, sono responsabili di ampie superfici percorse e si caratterizzano per intensità ampiamente superiori alla capacità di controllo;
2. la disponibilità di mezzi aerei non è in grado di contrastare tali eventi, per lo stesso motivo di cui sopra;
3. le previsioni dell'influenza del cambiamento climatico nell'aggravare il regime degli incendi sono preoccupanti, poiché pronosticano un deciso allungamento del periodo a rischio, quindi incendi prima e dopo l'attuale periodo estivo ritenuto critico, riduzione delle piogge estive e aumento delle temperature (EEA 2017);
4. occorre attivare misure alternative capaci realmente di contrastare in modi diversi tali eventi e comunque opporsi efficacemente al dilagare degli incendi.

L'aumento del rischio di incendio comporterà eventi più frequenti, nuovi territori e regioni a rischio e comportamenti del fuoco sempre più gravi, con potenziale aumento del numero di EWE.



L'area percorsa dal fuoco nell'Europa meridionale, nel XXI secolo, potrebbe aumentare. Il numero di persone che vivono in zone di interfaccia urbano/foreste o urbano/territorio rurale (rispettivamente WUI e RUI), aventi livelli attuali di pericolo di incendio da elevato a estremo, espressi dal valore dell'indice giornaliero di pericolo FWI maggiore di 30 per almeno 10 giorni all'anno, attualmente stimati in 63 milioni a livello UE, potrebbe aumentare del 24%, quindi di 15 milioni, in caso di aumento della temperatura media di 3°C, rispetto all'attualità (<https://ec.europa.eu/jrc/en/peseta-iv/wildfires>; Costa et al. 2020). Con riscaldamento limitato a 1,5°C, l'incremento sarebbe di 5 milioni circa, passando da 63 a 68. Per l'Italia, per scenario a medio termine e a fine secolo rispettivamente, si prevede un aumento della pericolosità media, espressa dall'indice FWI, da 22 a 40, un allungamento della stagione a rischio da 14 a 40 gg., un incremento delle superfici percorse del 25 a 225% (Greenpeace/SISEF 2020). Le differenze sono dovute alla diversità degli scenari di emissione di CO₂ ipotizzati nella simulazione. Gli eventi meteorologici estremi aggravati dai cambiamenti climatici sono sempre più forti e frequenti e devastano i territori in cui viviamo: dall'“acqua alta” a Venezia alla desertificazione

della Sicilia, dalla tempesta VAIA che ha spazzato via i boschi di abete rosso del Veneto nel 2018 ai disastrosi nubifragi in Piemonte nell'autunno 2020, alle ricorrenti ondate di calore, alla siccità anomala e prolungata, sono moltissimi gli esempi di ciò che sta accadendo in Italia. Essi evidenziano che il cambiamento climatico dovuto alle attività umane ci sta presentando il conto (Greenpeace/SISEF 2020), nel quale purtroppo compariranno anche gli incendi.

Nella impossibilità di affrontare eventi con caratteristiche di comportamento superiori agli attuali limiti della capacità di controllo, l'unica possibilità consiste nel ribaltare l'impostazione basata sul paradigma dell'estinzione, cioè sulla possibilità di dominare gli eventi con una risposta standard, di tipo emergenziale: la mobilitazione immediata di una struttura paramilitare, dotata di mezzi tecnici, talvolta di mezzi aerei attrezzati per lo sgancio di grossi quantitativi di acqua, da sola o addizionata con prodotti chimici ritardanti, che svolge un intervento tempestivo e contundente di estinzione sull'evento in atto.

Questa risposta risulta efficace su incendi nei limiti della capacità di controllo, non contemporanei.

Nel caso di EWE, la risposta appare inefficace. Il modello di “*attacco alle fiamme*”, sempre e comunque, è infatti una tipica risposta reattiva, una via dell'emergenza, che continua ad essere considerata la soluzione al problema. E con essa progressivamente aumentano i costi: in Italia si stima (Delogu 2013) che il costo annuale (tra Stato e Regioni) di una campagna di lotta antincendio si avvicini a 1 miliardo di euro.

Il modello basato sul principio della “*guerra al fuoco, war against fire*” è stata definito un “*antiquato paradigma di gestione del fuoco a tolleranza zero*” (Xanthopoulos et al. 2020). La ricerca scientifica (Moreira et al. 2020) avverte da tempo che l'estinzione rappresenta la risposta, ma non è la soluzione e in vari articoli scientifici si è introdotto e sviluppato il concetto del “*paradosso dell'estinzione*” (Ingalsbee 2007; Delogu 2013, Collins et al. 2013; Moreira et al. 2020;). Le politiche esistenti basate sulla sistematica soppressione di ogni incendio, che ampiamente ignorano il riscaldamento climatico e il conseguente accumulo di combustibili su scala paesaggistica, hanno portato alla situazione descritta con la metafora, mutuata dal mondo dell'economia, della cosiddetta “*firefighting trap, trappola dell'antincendio*” spesso usato per descrivere un ciclo miope di risoluzione dei problemi: fronteggiare i problemi, o “*incendi*”, man mano che si presentano, ma non affrontarne la causa di fondo, aumentando così la possibilità che lo stesso problema si ripresenti in futuro (Chu 2013). Nel campo di cui si tratta, la trappola risulta dall'assegnazione alla soppressione del fuoco della maggior parte degli investimenti nella gestione degli incendi, per assicurare l'estinzione subito e nel maggior numero possibile. Paradossalmente, questo aggrava il problema, in quanto agisce sulle conseguenze ma non sulle cause del fenomeno ma soprattutto contribuisce all'accumulo di combustibile e alla sua continuità di distribuzione sul territorio, che preclude l'efficacia della soppressione in condizioni di incendio estremo, e si traduce in incendi sempre più gravi ed estesi (Xanthopoulos et al. 2020).

T. Ingalsbee in un lavoro del 2017 ha efficacemente espresso questo concetto:

“... i grandi incendi in gran parte definiscono da sé la propria ampiezza di espansione ed è solo durante la fase detta di quiescenza, allorché condizioni meteorologiche avverse moderano i valori di comportamento di tale evento, che gli addetti allo spegnimento possono riuscire nel contenimento del perimetro in fiamme. Il duro lavoro di tanti coraggiosi addetti alle operazioni di estinzione nel caso del contenimento di incendi di grandi dimensioni ottiene ampio riconoscimento dai mass media, ma questo avviene dopo che gli incendi hanno in gran parte smesso di diffondersi da soli, in un processo analogo alla “cattura” di Gulliver da parte dei Lillipuziani, dopo che egli si era sdraiato e si era addormentato. In effetti, diverse ricerche confermano quanto ampiamente noto: l'azione di estinzione non riesce a fermare i grandi incendi boschivi, che si propagano fino a quando le condizioni meteo non cambiano significativamente o gli incendi si esauriscono per carenza di combustibile”. Dunque, occorre che la prevenzione si concentri sui fattori associati alla propagazione potenziale degli incendi, e affronti il rapido cambiamento del potenziale di propagazione del fuoco che è in atto in Italia e in Europa a causa della crisi climatica e dei radicali cambiamenti di uso del suolo (Greenpeace/SISEF, 2020).

In breve, visto che non si può ottenere il controllo degli eventi più pericolosi in termine di conseguenze, poiché aventi caratteristiche di comportamento superiori alla capacità di controllo, l'unica via d'uscita è quella di contenere, e se possibile evitare, che il fenomeno si verifichi, senza tentare infruttuosamente di neutralizzarlo una volta verificato. Una impostazione diversa è quindi il *paradigma della prevenzione*, cioè un nuovo modello in cui l'impostazione preponderante ed esclusiva, mirata alla soppressione delle fiamme, è modificata da un crescente peso delle attività di prevenzione mirate a:

1. ridurre il carico di combustibile in tutto lo spazio potenzialmente interessato da eventuali incendi, attraverso la integrazione funzionale di tutte l'attività che consumano o eliminano biomassa vegetale (abbruciamento o utilizzazione alternativa di residui agricoli e delle stoppie, pascolo, arature, potature, raccolta di biomasse a fini energetici etc.). Ridurre la quantità di biomassa significa ridurre l'energia potenziale accumulata al suolo, che si libera con



intensità elevata quando le condizioni di temperatura e umidità definiscono condizioni di pericolo elevato e grande velocità di propagazione degli incendi. A parità di carico potenziale di combustibile, quindi di energia accumulata, se il rilascio avviene velocemente, l'intensità sarà maggiore;

2. rafforzare la resilienza delle aree boscate, mediante l'esecuzione di tutti gli interventi colturali e di selvicoltura di prevenzione che ne aumentano la capacità di opporsi efficacemente al passaggio del fuoco (potature, diradamenti con distanziamento dei soggetti a maggior diametro e maggiore spessore di corteccia e graduale aumento delle distanze tra chiome e terreno, interventi localizzati di riduzione delle biomasse mediante fuoco prescritto, decespugliamenti localizzati, interventi di selvicoltura di prevenzione etc.);

3. rafforzare la resilienza della comunità direttamente esposta alla minaccia del fuoco, oggi ridotta al ruolo di spettatore inerte e passivo di operazioni di estinzione decise e dirette dall'alto, non sempre efficaci, spesso errate o inutili. Ciò deve tradursi nella capacità di reagire tempestivamente ed efficacemente all'imminente minaccia del fuoco, di organizzarsi ed attuare non solo le misure di protezione passiva a livello di spazio individuale, soprattutto in zona di interfaccia, ma anche di attuare efficacemente ed in piena sicurezza i primi interventi di estinzione a supporto delle strutture operative e di collaborare con esse, realizzando ovviamente le misure di prevenzione sub 1);

4. recuperare e rafforzare il sapere tradizionale di uso del fuoco (T.F.K., *traditional fire knowledge*; Huffman 2013).

Il sapere tradizionale è oggi criminalizzato da norme che ne impediscono o scoraggiano l'utilizzazione, che se condotta razionalmente può invece essere decisiva nell'aumentare il livello di prevenzione e di successo nella estinzione;

5. favorire l'uso del fuoco come strumento di gestione delle risorse naturali, considerandolo una misura efficace di estinzione alla luce dei risultati di importanti progetti di ricerca finanziati dalla UE, in particolare il progetto FIRE PARADOX (Silva et al. 2010).



I risultati riconoscono il ruolo positivo che il fuoco può avere, quando le misure tradizionali di estinzione sono messe in crisi dalla natura ed intensità degli incendi. La cosiddetta gestione integrata degli incendi, preconizzata dalla UE (EC, 2018) riconosce la capacità che un tempo in ambito mediterraneo caratterizzava le popolazioni rurali, capaci di opporsi mediante l'uso sapiente del fuoco come strumento di soppressione agli eventuali e rari incendi, allorché non esisteva nessun servizio istituzionale di estinzione.

Il concetto di Fire Smart Territory

In letteratura si parla ormai apertamente delle “*fragilità del modello di soppressione*”, di uscire dalla trappola della estinzione (Xanthopoulos et al. 2020), e di spezzare il paradigma del controllo per aprire lo scenario del “*fire management*”, costruendo una società in cui il governo del fuoco come fattore ecologico possa convivere con l'essere umano senza determinare disastri.

Quanto sopra trova compimento nel concetto di *Fire Smart Territory* (FST), modello concettuale innovativo e rivoluzionario di pianificazione a livello di territorio (Tedim et al. 2015), che tende ad aumentarne la resilienza complessiva e a rafforzarne la resistenza. È l'unica alternativa possibile all'assistere inerti all'avanzare di fiamme altrimenti inarrestabili.

L'assunto di base del concetto di FST (Tedim et al. 2015, 2016, 2020) è che le attuali sfide degli incendi non possono essere risolte con semplici procedure, anche se teoricamente adeguate, ma attraverso la comprensione locale del problema e la preparazione strategica del territorio e delle sue componenti, umana e naturale, ad essere meno esposte al fuoco. Nell'ambito di una strategia di adattamento al cambiamento climatico, FST può essere uno scenario a medio e lungo termine. Esso comporta l'introduzione e il mantenimento delle attività produttive tradizionali, che interrompono la continuità e la connettività dello spazio, assicurando una marcata e diffusa riduzione del carico di combustibile, ottenibile anche con l'uso sapiente del fuoco. Indica inoltre la necessità di agire sulle comunità interessate, potenziandone la consapevolezza attraverso l'addestramento, il recupero della capacità tradizionale di uso del fuoco e il ritorno delle



“ Nella realtà italiana, pertanto, la rassicurante fiducia nei mezzi aerei della Protezione Civile è in parte dubbia, poiché il tipo di eventi sui quali è tecnicamente possibile intervenire efficacemente è elevato come numero, ma le conseguenti superfici in termini di area percorsa sono modeste...”

comunità rurali al loro naturale ruolo di “*guardiane del territorio*”.

Le possibili iniziative in materia di diminuzione del rischio (Costa et al. 2020), possono essere suddivise in:

1. opzioni di adattamento per la diminuzione del rischio di incendio;
2. opzioni di adattamento post-incendio.

Sia le prime che le seconde prevedono interventi per la riduzione della vulnerabilità umana, la riduzione del pericolo di incendio, la riduzione della vulnerabilità dell'ecosistema, attraverso modifiche del paesaggio con riduzione del carico, della combustibilità e della continuità dei combustibili; aumento della consapevolezza e preparazione dei cittadini con campagne di sensibilizzazione, educazione e formazione; aumento della resilienza della vegetazione, mediante idonei interventi colturali e utilizzazione

di specie meno infiammabili e l'adozione di un modello ottimale di vegetazione del paesaggio, adattandolo al cambiamento delle condizioni bioclimatiche e del regime di potenziale frequenza e gravità dell'incendio (pianificazione per il paesaggio futuro). Pianificare un paesaggio futuro, meno soggetto a incendi, significa anche sfruttare una distribuzione più elastica dei tipi di vegetazione, più adatta a cambiare i regimi di incendio (gestione e pianificazione alla scala del paesaggio).

Nella impostazione di una diversa pianificazione della difesa, più attenta alla prevenzione, un ruolo cruciale gioca infine la conoscenza delle cause del fenomeno. La conoscenza delle cause degli incendi boschivi e dei principali fattori dell'accensione, è un passo indispensabile verso politiche efficaci

di prevenzione degli incendi (Leone e Lovreglio 2003; Leone et al. 2003; Ganteaume et al. 2013). Se è infatti vero che, almeno per l'Italia, le cause naturali incidono per meno del 2% degli eventi in media, dell'altro 98% si sa troppo poco, se non che le cause di innesco in Italia sono legate all'attività umana. Ma riguardo alle motivazioni o moventi alla base dell'accensione, i dati raccontano una realtà differente da quella veicolata dai mezzi di comunicazione, che spesso spettacolarizzano la notizia sotto il profilo della entità dei danni, ma troppo spesso si rifugiano nella comoda attribuzione degli eventi ai piromani. Ciò significa attribuire gli eventi a turbe mentali, poiché la piromania è ufficialmente riconosciuta come disturbo del comportamento di tipo ossessivo compulsivo (APA 2013) e non è corretto utilizzare il termine come

sinonimo generico di incendio doloso (Leone e Lovreglio, 2003).

Nell'assenza di dati più recenti relativi all'accertamento delle responsabilità e delle motivazioni dell'accensione, dovuti alla soppressione del CFS (che tra gli altri compiti aveva quello di curare la statistica degli incendi, pubblicando annualmente un documentato rapporto conoscitivo), è possibile ricostruire un accettabile quadro parziale utilizzando i dati relativi al 2007, l'annata peggiore degli ultimi 40 anni in Italia per quanto riguarda l'area percorsa. Nel 2007 gli incendi hanno avuto nel 13% dei casi un'origine colposa, cioè per disattenzione o imprudenza (43% causato da attività agricole e forestali, 25% da mozziconi di sigaretta, 12% da attività ricreative e turistiche e 10% per altre cause non definite), e nel 65% dei casi una motivazione dolosa, con motivazioni prevalenti riferibili alla ricerca di profitto (31% degli incendi dolosi), tra cui la creazione o rinnovazione del pascolo a mezzo del fuoco). Solo il 5% è da attribuire a dissenso sociale, proteste o risentimenti (Greenpeace/SISEF 2020).

La ripartizione relativa di queste motivazioni varia geograficamente, sottolineando il ruolo essenziale di specifici aspetti socio-economici, culturali e di usi del suolo tradizionali: in Calabria gli incendi volontari sono stati il 79% del totale regionale; in Campania il 76%; in Sicilia il 72%; mentre in Puglia le motivazioni colpose arrivano al 30%, con motivazioni prevalentemente legate alle pratiche agricole. Nelle regioni italiane a maggiore incidenza di incendi, le motivazioni a più alta frequenza si rifanno:

- all'uso del fuoco nella gestione produttiva o conservativa dello spazio rurale; seppure con modalità non sostenibili, un fenomeno doloso comune a tutta l'Europa meridionale, dove quasi il 70% degli incendi è legato all'abbruciamento di residui vegetali e al desiderio di rigenerare e rendere più produttivi i pascoli (Velez 2002; Tedim et al. 2014);
- al persistere dell'uso del fuoco come mezzo economico e intuitivo di risoluzione di conflitti legati alla gestione agricola (ad esempio vendette, estorsioni o ritorsioni; Lovreglio et al. 2010, 2012; Marciano et al. 2010).

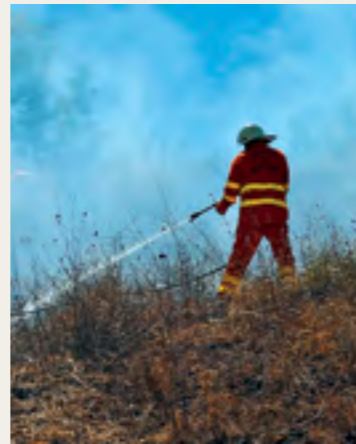
Conclusioni

Per chiudere, gli incendi non sono una mera combustione nello spazio extraurbano, che può essere risolta con la gestione del combustibile e severe sanzioni per prevenire le accensioni causate dall'uomo; la negligente mancanza di una comprensione globale del complesso fenomeno (derivante dal gioco di componenti naturali e di fattori e condizioni socio-economiche e politiche) unita al mancato riconoscimento che il fuoco non è sempre una minaccia, ma ha anche un ruolo importante nel mantenere l'integrità ecologica di diversi ecosistemi, sono un ostacolo per raggiungere migliori risultati nella gestione degli incendi. La soppressione degli incendi deve continuare a svolgere un ruolo chiave nella protezione delle vite umane e dei beni; tuttavia rispondere ad ogni catastrofica stagione degli incendi con una spesa sempre maggiore nell'organizzazione della soppressione,



trascurando la mitigazione e l'adattamento alle condizioni climatiche in rapida evoluzione, continuerà ad essere un errore e non risolverà il problema. Si raccomanda invece che le spese siano riequilibrare tra soppressione e prevenzione con rapporto non inferiore a 40 e 60% rispettivamente (Collins et al. 2013).

Ciò richiede un cambiamento di paradigma, spostando l'attenzione dalla mera esclusione dal fuoco alla prevenzione e preparazione, e il riorientamento degli investimenti esistenti nelle politiche antincendio anche utilizzando investimenti aggiuntivi provenienti da altre fonti (ad es. agricoltura, foreste, politiche energetiche), al fine di realizzare una riduzione del rischio attraverso interventi di incremento della resilienza e mitigazione della vulnerabilità umana e dell'ambiente naturale e di attenuazione del pericolo di incendio.



• Note

¹ L. 353/2000, art.2 "Per incendio boschivo si intende un fuoco con suscettività a espandersi su aree boscate, cespugliate o arborate, comprese eventuali strutture e infrastrutture antropizzate poste all'interno delle predette aree, oppure su terreni coltivati o incolti e pascoli limitrofi a dette aree".

² L'espressione più semplice è $I = 300L^2$ dove L è la lunghezza di fiamma in metri. Così fiamme lunghe 6 metri hanno un'intensità di 10.800 kWm^{-1} . In assenza di vento, che fa inclinare la fiamma e ne riduce l'altezza, si può utilizzare il valore della altezza di fiamma H, che in quella condizione equivale alla lunghezza L (Newman 1974).

• Riferimenti bibliografici

American Psychiatric Association (2013) *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, 5th ed. Washington, DC, American Psychiatric Publishing, pp 476-477.

Australian Academy of Sciences (2019) *How we fight bushfires*. <https://www.science.org.au/curious/earth-environment/how-we-fight-bushfires>

Beighley M. & Hyde A. C. (2018) *Portugal Wildfire Management in a New Era. Assessing Fire Risks, Resources and Reforms*. https://www.isa.ulisboa.pt/files/cef/pub/articles/2018-04/2018_Portugal_Wildfire_Management_in_a_New_Era_Engish.pdf, 52 pp.

Bowman D. M. J. S., Williamson G. J., Abatzoglou J. T., Kolden C. A., Cochrane M. A., and Smith A. M. S. (2017) Human exposure and sensitivity to globally extreme wildfire events. *Nat. Ecol. Evol.*, 1, 58, <https://doi.org/10.1038/s41559-016-0058>, 2017.

Chu J. (2013) *Study finds more spending on fire suppression may lead to bigger fires*. MIT NEWS, November 20, 2013. <https://news.mit.edu/2013/forest-fire-management-1120>

Comissão Técnica Independente (2017) RELATORIO. *Análise y apuramento dos factos relativos aos incêndios que ocorreram em Pedrogão Grande, Castanheira da Pera, Ansiao, Alvaiazere, Figueiros dos Vinhos, Arganil, Gois, Penela, Pampilhosa da Serra, Oleiros e Sertã, entre 17 e 23 de junho 2017*. Comissão Técnica Independente. Assembleia da República. Lisboa. 297 p.

Comissão Técnica Independente (2018) *Avaliação dos incêndios ocorridos entre 14 e 16 de outubro de 2017 em Portugal Continental. Relatório Final*. Comissão Técnica Independente. Assembleia da República. Lisboa. 274 pp.

Costa H., de Rigo D., Libertà G., Durrant T., San-Miguel-Ayanz J. (2020) *European wildfire danger and vulnerability in a changing climate: towards integrating risk dimensions*, EUR 30116 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN: 978-92-76-16898-0, doi:10.2760/46951, JRC119980

Delogu G. M. (2013) *Dalla parte del fuoco: ovvero il paradosso di Bambi*. Il Maestrale, Nuoro, 206 pp.

EEA (2017) *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report*. European Environment Agency, Copenhagen, 484 pp.

European Commission (2018) *Forest Fires. Sparking fire smart policies in the EU*, 52 p. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/181116_booklet-forest-fire-hd.pdf

Fernandes P.M. and Botelho H. S. (2003) A review of prescribed burning effectiveness in fire hazard reduction. *Journal of Wildland Fire*, 12, 117-128.

Filkov A., Duff T., Penman T. (2019) *Determining threshold conditions for extreme fire behaviour: interim report describing outcomes from phase 1 of the project Annual Report 2017-2018 submitted to the Bushfire and Natural Hazards CRC*, February 2019. http://naturalhazardsrc.com.au/sites/default/files/managed/downloads/determining_threshold_conditions_for_extreme_fire_behaviour_annual_report_2017-2018_final_19.pdf

Ganteaume A., Camia A., Jappiot M., San-Miguel-Ayanz J., Long-Fournel M., Lampin C. (2013) A Review of the Main Driving Factors of Forest Fire Ignition Over Europe. *Environmental Management*, 51: 651 – 62. pmid: 23086400.

Gill M.C. (2008) Fire, science and society at the urban rural interface. *Bushfire Conference 2006 – Brisbane*, 6 to 9 June 2006 *Life in a Fire Prone Environment: Translating Science into Practice*, pp. 8

Greenpeace/SISEF (2020) *Un paese che brucia. Cambiamenti climatici e incendi boschivi in Italia*, 33 p. https://storage.googleapis.com/planet4-italy-stateless/2020/08/1e5628b6-report_incendio_finale.pdf

Hirsch, K.G. and Martell D.L. (1996) A Review of initial attack fire crew productivity and effectiveness. *International Journal of Wildland Fire*, 6(4), 199–215. <https://doi.org/10.1071/WF9960199>.

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): 3. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05843-180403>

Humber M.H.L., Boschetti L. & Justice C. O. (2019) *Spatial and temporal intercomparison of four global burned area products*. *International Journal of Digital Earth*, 12:4, 460-484, DOI: 10.1080/17538947.2018.1433727

IFRC (2019) *Emergency Plan of Action Final Report. Greece: Wildfires*. <https://reliefweb.int/report/greece/greece-wildfires-emergency-plan-action-final-report-operation-n-mdrgr003>

Ingalsbee 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*, 26:557-561

IPCC (2012) *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Group I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.

Kovats, R.S. et al. (2014) Europe. In: *Climate Change 2014 : Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, pp. 1267-1326.

Leone V., Koutsias N., Martinez J., Vega-Garcia C., Allgöwer B, Lovreglio R (2003) The human factor in fire danger assessment. In: Chuvieco E (ed.) *Wildland fire danger estimation and mapping: the role of remote sensing data*. World Scientific, Hackensack, pp 143-196.

Leone V., Lovreglio R. (2003) Human fire causes: a challenge for modelling. In: *Innovative concepts and methods in fire danger estimation (Chuvieco E, Martin P, Justice C eds)*. *Proceedings of the 4th International Workshop on remote sensing and GIS applications to forest fire management*. Ghent (Belgium) June 2003, pp. 149-170.

Loane I.T. and Gould S. (1986) *Aerial Suppression of Bushfires*. Canberra; CSIRO Division of Forest Research, 305 pp.

Lovreglio R., Rodrigues M.J., Notarnicola A., Leone V. (2010) From fire motives survey to prevention: the case of Cilento and Vallo di Diano National Park (Italy). In: D.X. Viégas (Ed.) *Proceedings VI Intern. Conf. Forest Fire Research*, Coimbra Nov. 2010: 301.

Lovreglio R., Marciano A., Patrone A., Leone V. (2012) Le motivazioni degli incendi boschivi in Italia: risultati preliminari di

- un'indagine pilota nelle Province a maggiore incidenza di incendi *Forest@* 9: 137-147.
- Marciano A., Lovreglio R., Patrone A., Nottarnicola A., Leone V. (2010). Tecniche di analisi delle motivazioni degli incendi. Applicazione nel territorio del Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano. *Sherwood* 162: 13-18.
- Montiel Molina C. and Kraus D. (2010) *Best Practices of Fire Use – Prescribed Burning and Suppression Fire Programmes in Selected Case-Study Regions in Europe*. Research Report 24, European Forest Institute, Joensuu, Finland, 169 pp. ISBN: 978-952-5453-69-0.
- Moreira F., Ascoli D., Safford H., Adams M.A., Moreno J.M., Pereira J.M., Catry F.X., Armesto J., Bond W., González M.A., Curt T., Koutsias N., McCaw L., Price O., Pausas J.G., Rigolot E., Stephens S., Tavsanoğlu C., Vallejo V.R., Van Wilgen B.W., Xanthopoulos G. and Fernandes P.M. (2020) Wildfire management in Mediterranean-type regions: paradigm change needed. *Environ. Res. Lett.* 15 (2020) 011001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab541>.
- Newman, M. 1974. Toward a common language for aerial delivery mechanics. *Fire Manage. Notes* 35(1): 18-19.
- Parliament of South Australia, n.d. *Canadair CL-415 Inquiry Thirteenth report of the Committee*, 89 pp.
- Ribeiro L. M., Viegas D. X., Almeida M., Oliveira R., McGee T. K., Pereira M., Parente J., Xanthopoulos G., Leone V., Delogu G.M., Hardin H. (2020) Extreme wildfires and disasters around the world: lessons to be learned. In: Tedim F., Leone V., McGee T.K. (eds) 2020 *Extreme Wildfire Events and Disasters-Root Causes and New Management Strategies*, pp. 31-51, Elsevier .
- Royé D., Tedim F., Leone V., Martin-Vide J., Salis M., Vendrell J., Lovreglio R., and Bouillon C. (2019) Wildfire burnt area patterns and trends in Europe through the application of a concentration index. *Land Degradation and Development*, 31:311-324.
- San-Miguel-Ayanz, J., Moreno J. M., & Camia A. (2013) Analysis of large fires in European Mediterranean landscapes: lessons learned and perspectives. *Forest Ecology and Management*, 294, 11-22.
- San-Miguel-Ayanz J., Durrant T., Boca R., Libertà G., Branco A., de Rigo D., Ferrari D., Maianti P., Artés Vivancos T., Costa H., Lana E., Löfler P., Nuijten P., Ahlgren A. C., Leray T.; *Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2017*. EUR 29318 EN, ISBN 978-92-79-92831-4, doi: 10.2760/663443.
- Scott J. (2006) Off the Richter: Magnitude and Intensity Scales for Wildland Fire. In: *Extended Abstract, AFE Fire Congress. San Diego, CA*. http://pyrologix.com/wp-content/uploads/2014/04/Scott_2006.pdf
- Silva J., Rego F., Fernandes P., and Rigolot E. (editors) (2010) *Towards Integrated Fire Management – Outcomes of the European Project Fire Paradox. Research Report 23*. European Forest Institute, pp. 244 ISBN: 970-952-5453-48-5 ISSN: 1238-8785.
- Stechishen E., Little E., Hobbs M., Murray W.(1982) *Productivity of Skimmer Air Tankers Information Report PI-X-1S*, Petawawa National Forestry Institute, Forest Research Station Chalk River, Ontario.
- Stewart C. n.d. *Australia bushfires of 2009*, <https://www.britannica.com/event/Australia-bushfires-of-2009#accordion-article-history>
- Tedim F., Leone V., 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*. Published by the International Association of Wildland Fire, Missoula, Montana, USA, 27 pp.
- 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. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 18: 138-153 DOI: 10.1016/j.ijdr.2016.06.005.
- Tedim F., Meddour-Sahar O., Lovreglio R., Leone V. (2014) Forest fires hotspots in EU Southern Member States and North Africa: a review of causes and motives. In: *Viegas D.X.(Editor) Advances in forest fire research*. Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, DOI http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0884-6_205
- Tedim F., Leone V., Amraoui M., Bouillon C., Coughlan M.R., Delogu G.M., Fernandes P.M., et al. (2018) Defining Extreme Wildfire Events: Difficulties, Challenges, and Impacts. *FIRE* 1 (1) pp 1-28.
- Tolhurst K. (2009) *Report on the Physical Nature of the Victorian Fires occurring on 7th February 2009*. <http://royalcommission.vic.gov.au/getdoc/5905c7bb-48f1-4d1d-a819b-b2477c084c1/EXP003.001.0017.pdf>
- Van Der Werf G. R., Randerson J. T., Giglio L., Van Leeuwen T. T., Chen Y., Rogers B.M., Mu M., Van Marle M.J., Morton D. C., Collatz, G. J. and Yokelson R. J. (2017) Global fire emissions estimates during 1997-2016. *Earth System Science Data*, 9(2): 697-720.
- Velez R. (2002) Causes of forest fires in the Mediterranean Basin. In: Arbez, M., Birot, Y. and Carnus, J.M. (eds). *Risk management and sustainable forestry*. EFI Proceedings 42. European Forest Institute. Pp. 35-42.
- Williams J., Albright D., Hoffmann A.A., Eritsov A., Moore, P.F., Morais, J.C.M., ... van Lierop, P. (2011) Findings and Implications from a Coarse-Scale Global Assessment of Recent Selected Mega-Fires. *Proceedings of the 5th International Wildland Fire Conference*, May 9-13, Sun City, South Africa, 1–19.
- 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 095003.
- Xanthopoulos G. 2018 comunicazione personale del 3 agosto 2018.
- Xanthopoulos G. and Athanasiou M. (2019) *IAWF 2019 FIRE GLOBE: Attica Region, Greece (July 2018)*. <https://www.iawfonline.org/article/fire-globe-attica-region-greece-july-2018/>
- Xanthopoulos G., Leone V., & Delogu G. M. (2020) The suppression model fragilities: The “firefighting trap”. In: Tedim F., Leone V. McGee T. K. (eds) *Extreme Wildfire Events and Disasters Root Causes and New Management Strategies*, pp. 135-153, Elsevier.