

## Incendi boschivi in Italia: analisi del fenomeno in mezzo secolo di osservazioni

Monica Notarangelo

*Forest fires in Italy - Analysis of trends based on 50 years of observations*

In Italy, starting from late spring and throughout the summer, the public debate focuses on the phenomenon of forest fires. For some years now, a further issue has been included in the debate: the anthropogenic climate change, as a contributing cause of exacerbation (or extremization) of the forest fire phenomenon. Italy, like other countries in the Mediterranean basin, has always been affected by forest fires, albeit with different intensity and frequency depending on the Region. In this study, on one hand, I analyze the dynamics of forest fires starting from 1970 and up to 2021 and, on the other, I try to highlight the ongoing trends. From the observation of the time series it can be seen that over 52 years forest fires in Italy have been quite variable. Overall, the worst period was from 1970 to 1995, while in the most recent period (1996-2021) an improvement was recorded. In the long period, the observed variables showed significant decreasing trends in terms of average, while in the short term showed less defined trends. For both the annual burnt area and number of fires, there is no tendency towards exacerbation, neither in the long nor in the short period. In contrast, the burnt area per fire shows a significant increasing trend of extremization in the most recent period (1996-2021), i.e., a lower number of fires caused larger burnt areas. As highlighted by the results, the recent increasing trend of extremization can not be neglected, however, with respect to its origin, the co-occurrence of independent factors can not be excluded. Likewise, even where no significant trend has been detected, the presence of an underlying climatic forcing cannot be ruled out.

**Keywords:** Forest Fires, Anthropogenic Climate Change, Time Series, Trend, Extreme Events

### Introduzione

Spesso in Italia, a partire dalla tarda primavera e per tutta l'estate, il dibattito pubblico si focalizza sul fenomeno degli incendi boschivi, sostenuto dai media generalisti anche con toni non di rado enfatici. Terminata la "stagione degli incendi" (giugno-settembre), il dibattito cade nell'oblio finché una nuova stagione si ripresenterà. Da alcuni anni, tuttavia, in questo dibattito si è inserita un'ulteriore questione: il cambiamento climatico di origine antropica, come possibile e/o probabile concausa d'inasprimento (o estremizzazione) del fenomeno. Nel complesso contesto degli incendi boschivi è possibile che il combinato disposto tra riscaldamento globale ed effetto sul regime climatico possa incidere negativamente se, ad esempio, a temperature mediamente più alte si associano penuria di precipitazioni e maggiore frequenza e durata delle onda-

te di calore (Seidl et al. 2017, Turco et al. 2018, OECD 2023), anche se non è da ritenersi consequenziale (Mollicone 2007). Detto ciò, è bene tener presente che in Italia, come negli altri paesi del bacino del Mediterraneo, l'innescò di un incendio boschivo per cause naturali è un evento raro mentre la gran parte delle ignizioni ha un'origine antropica, dolosa, colposa o accidentale che sia (Blasi et al. 2004, Lovreglio et al. 2010, FAO 2013, Tedim et al. 2015). Inoltre è documentato che tra le principali forzanti associate ai cambiamenti del regime degli incendi boschivi osservati nel bacino del Mediterraneo, vi sono l'abbandono delle terre, l'imboschimento e il rimboschimento di ex-coltivi (Koutsias et al. 2013).

Per la legge italiana (Legge n. 353 del 2000) un incendio boschivo "è un fuoco che tende ad espandersi su aree boscate, cespugliate o arborate, comprese eventuali strutture e infrastrutture antropizzate che si trovano all'interno delle stesse aree, oppure su terreni coltivati o incolti e pascoli limitrofi alle aree" (art. 2). Da sempre le regioni italiane sono interessate dagli incendi, anche se con intensità e periodicità diverse: su Alpi, Appennino settentrionale e centrale gli incendi sono relativamente poco frequenti ma nella regione mediterranea, comprese le isole maggiori, imperversano (Vaccari 1932). Nelle regioni dell'arco alpino, e in particolare nel settore occidentale, gli incendi boschivi sono più frequenti nel periodo tardo invernale-primaverile (febbraio-marzo), perché favoriti dalla siccità dovuta alla natura fisiografica del territorio; nelle regioni peninsulari e insulari centro-meridionali, caratterizzate da un clima mediterraneo, gli incendi boschivi si sviluppano pre-

□ Centro di ricerca Foreste e legno - Consiglio per la ricerca e l'analisi dell'economia agraria (CREA-FL) - p.za Nicolini 6, I-38123 Trento (Italy)

@ Monica Notarangelo ([monica.notarangelo@crea.gov.it](mailto:monica.notarangelo@crea.gov.it))

Ricevuto: Set 29, 2023 - Accettato: Dic 20, 2023

**Citazione:** Notarangelo M (2024). Incendi boschivi in Italia: analisi del fenomeno in mezzo secolo di osservazioni. *Forest@* 21: 1-6. - doi: [10.3832/efor4479-020](https://doi.org/10.3832/efor4479-020) [online 2024-01-16]

valentemente nella stagione estiva, calda e secca (Malandra et al. 2022). Alcune regioni italiane (Liguria, Friuli Venezia-Giulia) sono interessate dal fenomeno sia durante la stagione invernale sia durante la stagione estiva (Blasi et al. 2004).

Questo studio retrospettivo, di tipo osservazionale, ha due obiettivi: (i) analizzare l'andamento degli incendi boschivi in Italia nel periodo 1970-2021; (ii) individuare eventuali nuove tendenze in atto.

### Materiali e metodi

Una serie storica, o temporale, è una raccolta di osservazioni indicizzate secondo l'ordine in cui sono ottenute nel tempo. Se le osservazioni sono equidistanti nel tempo, la frequenza è definita sulla base del lasso di tempo che intercorre tra un'osservazione e la successiva. Nel caso della serie storica degli incendi boschivi utilizzata per questo studio, la frequenza di osservazione è su base annua.

Attualmente i dati più aggiornati sugli incendi boschivi in l'Italia, e anche più facilmente reperibili, sono quelli del sistema EFFIS (European Forest Fire Information System) che tuttavia non considera gli incendi inferiori ai 30 ettari e dispone di dati solo a partire dal 2006. Una fonte più dettagliata è rappresentata dai report annuali della Commissione Europea, realizzati dal Joint Research Center, nei quali i dati sono ripartiti per regione ma, anche in questo caso, non ci sono dati antecedenti al 2000. Perciò, per questo lavoro è stata utilizzata una serie storica di 52 anni – dal 1970 al 2021 – raccogliendo e riunendo i dati registrati dall'ex Corpo Forestale dello Stato fino al 2015, dai Carabinieri forestali e dall'ISPRA per gli anni successivi. In merito al numero di incendi e alle superfici interessate dal fuoco annualmente in Italia, si fa fede su quanto riportato dai predetti soggetti incaricati delle registrazioni.

Nell'analisi delle serie storiche di dati riveste particolare importanza l'ampiezza della finestra temporale entro la quale si osserva un fenomeno. Per questo studio la serie storica di lungo periodo 1970-2021 (52 anni), è stata suddivisa in due periodi brevi (26 anni): 1970-1995 e 1996-2021. Per ogni anno della suddetta serie storica sono disponibili le seguenti variabili: numero di incendi, superficie percorsa dal fuoco, distinta in boscata e non-boscata, superficie media per incendio. Per ogni periodo sono stati calcolati i totali, le medie, i coefficienti di variazione delle variabili osservate. Poiché la distinzione tra superficie boscata e non-boscata è un dato derivato da classificazione soggettiva, e poiché il concetto di superficie boscata è cambiato nel tempo (Blasi et al. 2004), si è deciso di utilizzare questo dato solo nelle rappresentazioni tabellari (vedi sotto). Nelle rappresentazioni grafiche, i valori delle variabili osservate – numero di incendi, superficie percorsa dal fuoco e superficie media per incendio – sono stati centrati e normalizzati, rispetto alla relative medie di lungo periodo, ed

espressi in termini di anomalia attraverso la seguente formula (eqn. 1):

$$Anomalia_{\%} = 100 \cdot \left( \frac{\text{osservazione} - \text{media}_{\text{lungo periodo}}}{\text{media}_{\text{lungo periodo}}} \right) \quad (1)$$

L'anomalia misura lo scostamento dell'osservazione, in un dato anno e per una data variabile, dalla media della serie storica. Inoltre, a seconda del periodo considerato, alle osservazioni annuali sono state sovrapposte la media mobile (su 5 anni) e le tendenze al 50<sup>mo</sup> (mediana) e al 90<sup>mo</sup> (estremo superiore) percentile. Nelle serie storiche caratterizzate da importanti variazioni inter-annuali, come quella degli incendi boschivi, la media mobile facilita la visualizzazione di andamenti, mentre le rette di tendenza, per le annate entro la norma (50<sup>mo</sup> percentile) e per quelle più estreme (90<sup>mo</sup> percentile), permettono di valutarne la significatività statistica. L'uso della mediana rende la stima più robusta, essendo le distribuzioni di frequenza delle serie storiche degli incendi fortemente asimmetriche (Blasi et al. 2004).

### Risultati

In Tab. 1 sono riportati i valori totali degli incendi verificatisi in Italia dal 1970 al 2021, e per i due periodi 1970-1995 e 1996-2021. Dal 1970 al 2021 sono stati percorsi dal fuoco 5.212.775 ettari, con lieve prevalenza delle superfici non-boscate (53%), a seguito di 429.317 incendi (Tab. 1). Rispetto all'intero periodo 1970-2021, gli incendi hanno inciso più nella prima metà del periodo (60%) e maggiormente su superfici non-boscate (63%), mentre nella seconda metà hanno inciso più su superfici boscate (43% – Tab. 1). Rispetto alla prima metà del periodo (1970-1995), nella seconda (1996-2021) la superficie percorsa dal fuoco si è ridotta del 34%, maggiormente quella non-boscata (-41%) rispetto a quella boscata (-24%), mentre il numero di incendi si è ridotto del 31% (Tab. 1).

In Tab. 2 sono riportati i valori medi annuali, per il periodo 1970-2021 e per i due periodi 1970-1995 e 1996-2021. Nel lungo periodo (1970-2021), ogni anno si sono verificati mediamente 8.256 incendi su 100.246 ha, il 48% dei quali su superfici boscate, con una superficie media per incendio di 12.1 ha (Tab. 2). Rispetto all'intero periodo osservato (1970-2021), nel periodo 1970-1995 le medie annuali sono più elevate e i coefficienti di variazione sono più bassi, mentre nel periodo più recente (1996-2021) le medie annuali sono più basse ma con coefficienti di variazione più elevati, ad eccezione del numero di incendi (Tab. 2).

Nel grafico in Fig. 1 viene mostrato l'andamento della superficie annua percorsa dagli incendi, nel lungo periodo (1970-2021) e nei due periodi brevi (1970-1995; 1996-2021), in termini di anomalia rispetto alla media di lungo periodo (Tab. 2). Dalla fine degli anni '70 e fino alla fine degli anni

**Tab. 1** - Valori totali della superficie percorsa dal fuoco e del numero di incendi, dal 1970 al 2021 e dal 1970 al 1995 e dal 1996 al 2021.

Periodo	Superficie (ha)	Boscata (ha)	Non-boscata (ha)	Numero (n)
1970-2021 <sub>P52</sub>	5.212.775	2.457.349	2.755.426	429.317
		47%	53%	-
1970-1995 <sub>P1-26</sub>	3.131.426	1.395.382	1.736.044	254.472
$P_{1-26} / P_{52}$	60%	57%	63%	59%
1996-2021 <sub>P27-52</sub>	2.081.349	1.061.967	1.019.382	174.845
$P_{27-52} / P_{52}$	40%	43%	37%	41%
$\Delta P_{27-52} / P_{1-26}$	-34%	-24%	-41%	-31%

**Tab. 2** - Valori medi annuali per i periodi 1970-2021, 1970-1995 e 1996-2021 (Cv: coefficiente di variazione).

Periodo	Superficie (ha)	Boscata (ha)	Non-boscata (ha)	Numero (n)	Sup.media (ha/n)	Boscata (%)	Non-boscata (%)
1970-2021 <sub>P52</sub>	100.246	47.257	52.989	8.256	12.1	48	52
Cv (%)	55	59	66	43	38	-	-
1970-1995 <sub>P1-26</sub>	120.439	53.669	66.771	9.787	12.8	47	53
Cv (%)	45	47	59	41	35	-	-
1996-2021 <sub>P27-52</sub>	80.052	40.845	39.207	6.725	11.5	49	51
Cv (%)	63	72	59	34	42	-	-

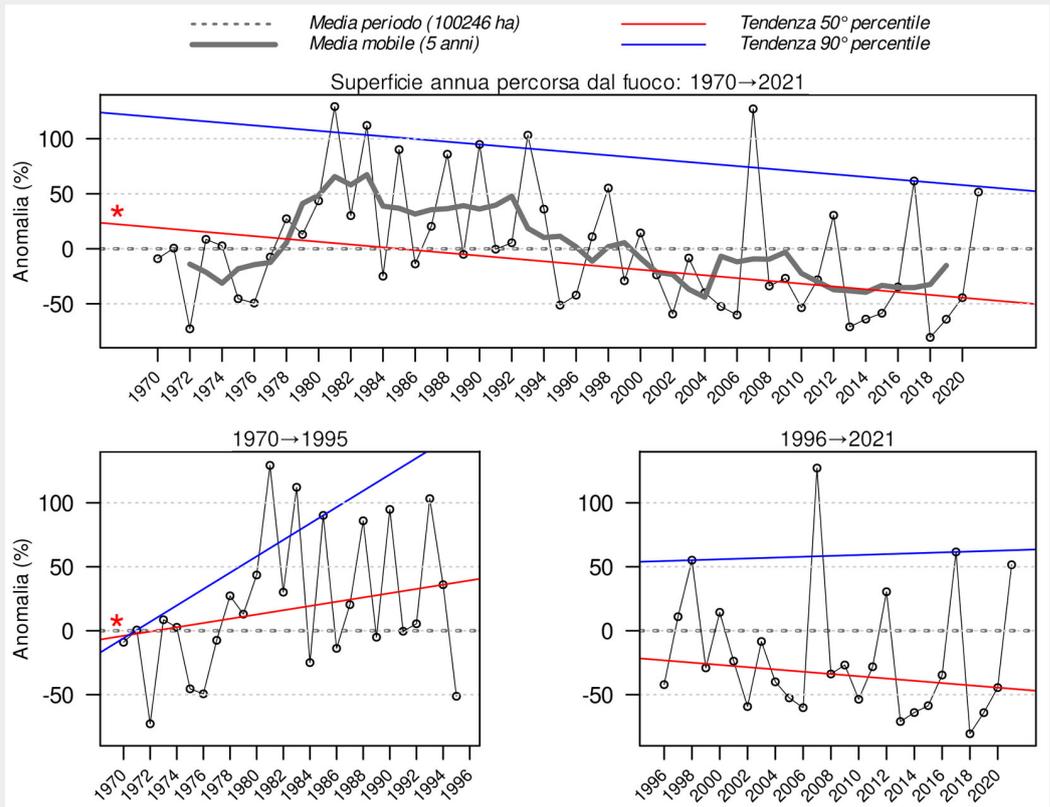
'90, la media mobile è in anomalia positiva rispetto alla media periodica ma, a partire dal nuovo millennio, l'anomalia si mantiene negativa (Fig. 1 – 1970-2021). Nel lungo periodo diminuiscono significativamente, in termini di tendenza media, gli ettari annualmente percorsi dal fuoco (Fig. 1 – 1970-2021). Lo stesso non vale nel breve periodo dal 1970 al 1995 nel quale gli ettari percorsi dal fuoco aumentano, in maniera significativa in termini di tendenza media (Fig. 1 – 1970-1995). In modo simile, la maggior parte delle anomalie positive estreme, ossia con valori vicini o superiori al 100%, si sono verificate nel periodo 1970-1995, con il massimo storico di superficie annualmente percorsa dal fuoco raggiunto nel 1981 (229.850 ha, di cui 68% non-boscata). L'unica anomalia positiva di tale portata del periodo più recente è nel 2007, massimo relativo della serie di lungo periodo (116.602 ha, di cui 51% boscata), mentre le restanti anomalie positive si collocano attorno al 50%. Per quanto riguarda gli andamenti tendenziali delle annate estreme, non c'è significatività sia nel lungo che nel breve periodo (Fig. 1).

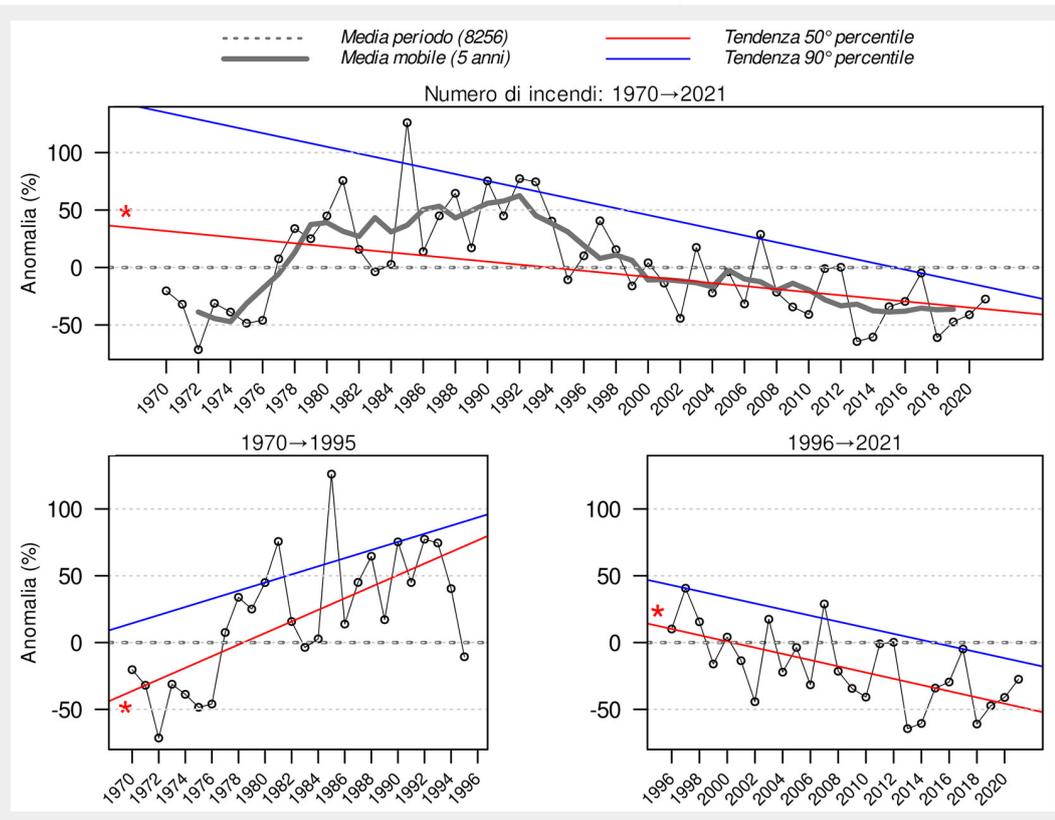
Come per la superficie, anche il numero degli incendi diminuisce significativamente nel lungo periodo, in termini di tendenza media (Fig. 2 – 1970-2021). L'andamento della

media mobile nel lungo periodo è analogo a quello della superficie: è in anomalia positiva dalla metà degli anni '70 fino alla fine degli anni '90, mentre a partire dal nuovo millennio l'anomalia diventa negativa (Fig. 2 – 1970-2021). Nel periodo 1970-1995, il numero di incendi è aumentato significativamente nelle annate con valori tendenzialmente nella media ma non in quelle con valori estremi. Infine, osservando le singole annate, anche per il numero di incendi si rileva una maggior occorrenza di annate estreme nel periodo 1970-1995, con il massimo storico raggiunto nel 1985 (18.664).

Il grafico in Fig. 3 mostra l'andamento della superficie media per incendio, dal 1970 al 2021 e nei periodi 1970-1995 e 1996-2021. Nel lungo periodo la superficie media per incendio mostra una significativa diminuzione, in termini di tendenza media. Dalla seconda metà degli anni '80 in poi, la media mobile è quasi sempre in anomalia negativa rispetto alla media periodica (Fig. 3 – 1970-2021). In termini di tendenza media, la superficie per incendio diminuisce in maniera significativa nel periodo 1970-1995 ma nel periodo 1996-2021 non è presente alcuna tendenza. Nel periodo più recente, invece, vi è un aumento significativo in termini tendenziali delle annate con valori estremi (Fig.

**Fig. 1** - Superficie annua percorsa dal fuoco nei periodi 1970-2021, 1970-1995 e 1996-2021. L'asterisco indica una tendenza statisticamente significativa.





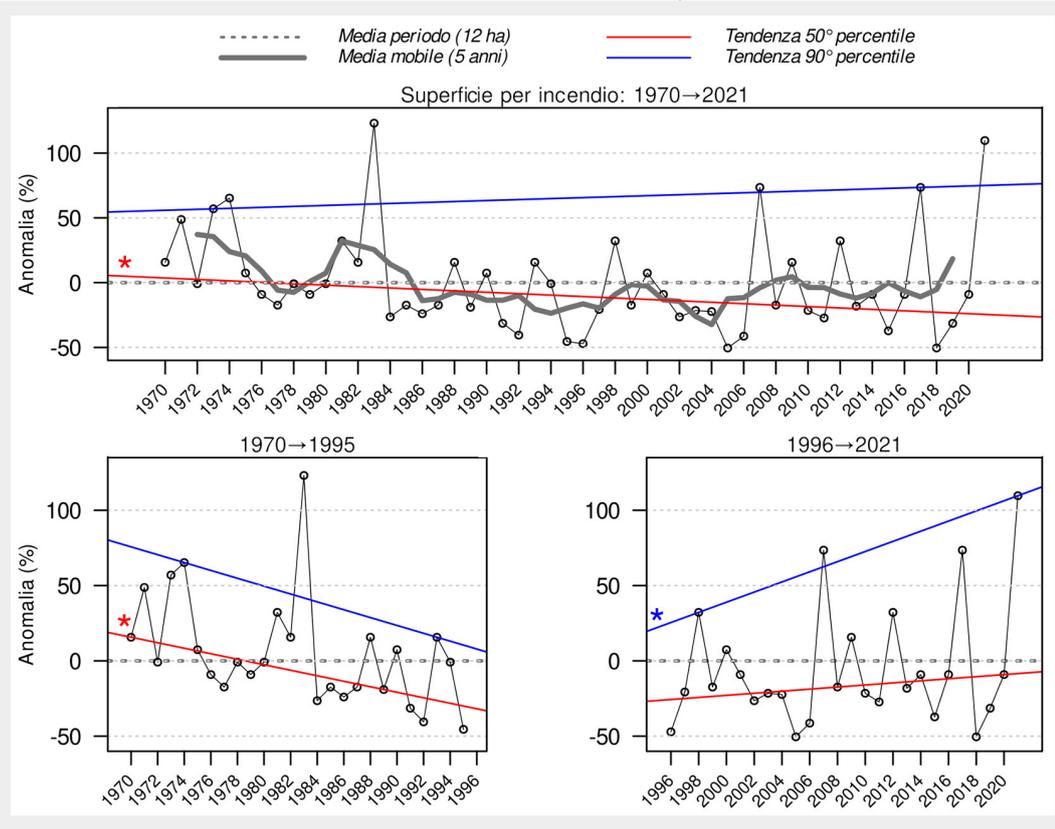
**Fig. 2** - Numero di incendi per anno nei periodi 1970-2021, 1970-1995 e 1996-2021. L'asterisco indica una tendenza statisticamente significativa.

3 - 1996-2021). Dal 1970 al 2021 l'anomalia positiva ha superato la soglia del 100% due volte: nel 1983 e nel 2021 (Fig. 3 - 1970-2021). Di queste la peggiore è quella del 2007, poiché in quell'anno fu percorsa dal fuoco una consistente quota della superficie (151.964 ha) a seguito di un relativamente basso numero di incendi (5989). Infine, in sei anni su 52 (11%) l'anomalia positiva è superiore al 50% e

le occorrenze sono equamente ripartite fra i due periodi considerati.

**Discussione e conclusioni**

I risultati ottenuti indicano che quando emergono tendenze significative, lo fanno prevalentemente nel lungo periodo e quasi sempre in termini medi. Tale esito è in una



**Fig. 3** - Superficie media per incendio nei periodi 1970-2021, 1970-1995 e 1996-2021. L'asterisco indica una tendenza statisticamente significativa.

certa misura atteso, perché quando si dispone di un maggior numero di osservazioni, e attraverso l'aggregazione, la diminuzione della variabilità rende più evidente la presenza di una tendenza. Inoltre, essendo la gran parte degli incendi boschivi di origine antropica (Ganteaume et al. 2013), volontaria o involontaria (MIPAAF-CFS 2002, Lovreglio et al. 2012), la diminuzione del numero di incendi e della superficie annua percorsa dal fuoco possono essere ricondotte da una parte alle azioni di prevenzione, sorveglianza e repressione che nel corso degli anni sono diventate sempre più efficaci, e da un'altra ad un'umentata sensibilità ed educazione della cittadinanza.

Nel complesso, gli andamenti osservati nel lungo periodo sono in accordo con gli studi che segnalano una diminuzione degli incendi boschivi, sia a livello globale (Williams & Abatzoglou 2016, Andela et al. 2017) che nell'area europea del bacino mediterraneo (FAO 2013, Turco et al. 2014, Ali et al. 2022). Alcuni ritengono che in Europa il cambiamento climatico possa contribuire ad aumentare l'occorrenza di condizioni favorevoli alla diffusione degli incendi boschivi e al prolungamento della stagione degli incendi (Camia et al. 2008, Lavalle et al. 2009). Ad oggi, tuttavia, le valutazioni sulle tendenze osservate a livello globale, ma anche regionale, tra andamenti meteo-climatici e comportamento degli incendi, non separano esplicitamente gli effetti del cambiamento climatico di origine antropica da quelli associati alla variabilità naturale (Bowman et al. 2009, Camuffo et al. 2010, Williams & Abatzoglou 2016). Le simulazioni effettuate per quantificare il potenziale impatto del cambiamento climatico sul regime degli incendi boschivi per lo più convergono su un aumento del rischio di incendio ma divergono sulle componenti coinvolte. Per alcuni si prospetta un aumento dell'area percorsa dal fuoco e della frequenza degli incendi (Moriando et al. 2006), per altri gli incendi boschivi saranno sempre più caratterizzati da pochi e grandi incendi estremi (Jones et al. 2022). Ad ogni modo, la bassa risoluzione spaziale insieme alla scarsa capacità di riprodurre la variabilità climatica a scala sub-regionale, rendono gli output di queste simulazioni inadatti per studi di impatto sugli incendi boschivi, specialmente in aree come il Mediterraneo (Giorgi 1990). Infine, il rilevamento e l'attribuzione dell'attività degli incendi globali al cambiamento climatico di origine antropica è "confuso" dagli effetti di altre attività di origine antropica quali il cambiamento dell'uso e della copertura del suolo, gli stili di vita della popolazione e la soppressione degli incendi (Abatzoglou et al. 2019, Odwuor et al. 2023).

Merita una particolare attenzione la relazione tra la superficie annua percorsa dal fuoco e il numero di incendi, cioè la superficie media per incendio. Quest'ultima, nel lungo periodo e in termini medi, mostra un significativo trend discendente e lo stesso vale per il periodo 1970-1995, ma non per il periodo più recente (1996-2021). Tale andamento può essere dovuto alla variabilità, misurata in termini di coefficiente di variazione, della superficie percorsa dal fuoco che è superiore a quella del numero di incendi e, nel periodo più recente, questo divario è aumentato. Inoltre, nel periodo più recente (1996-2021) emerge un significativo aumento tendenziale in termini estremi: ad un numero di incendi relativamente più basso corrispondono superfici percorse dal fuoco relativamente più grandi. Il recente aumento della frequenza delle ondate di calore (Russo et al. 2015, Perkins-Kirkpatrick & Lewis 2020), può aver favorito le stagioni nelle quali la superficie media per incendio è aumentata in maniera anomala, nonostante la diminuzione del numero incendi. Tuttavia, tale possibilità è supportata da un'unica evidenza per un periodo breve che per sua natura presenta una maggiore variabilità e quindi una maggiore probabilità di rilevare falsi positivi (Wigley & Jones 1981). Al riguardo si consideri

che il 2017 – l'unico anno del periodo più recente in cui l'anomalia positiva è superiore al 100% – è di poco successivo all'abolizione del Corpo forestale dello Stato, fatto che ha avuto ripercussioni sull'intero apparato di estinzione degli incendi boschivi in Italia (Corte dei Conti, Deliberazione del 26/07/2021, n. 12/2021/G). Diversamente dal numero di incendi, la superficie percorsa dal fuoco è maggiormente influenzata dall'attività diretta di estinzione (Blasi et al. 2004). Infine, a parità di ogni altro fattore, il rischio di incendi di grandi dimensioni può aumentare col tempo considerando l'interazione tra l'espansione della superficie forestale, specialmente per le formazioni preforestali (Bovio et al. 2017), l'accumulo di biomassa e necromassa legnose (Narayan 2007, Iriarte-Goñi & Ayuda 2018, Odwuor et al. 2023), la crescente stratificazione verticale anche dovuta alla scarsa gestione selvicolturale (Blasi et al. 2004, De Laurentis et al. 2021) e la continua azione di soppressione degli incendi (Brotons et al. 2013, Bebi et al. 2017, Malandra et al. 2022).

L'analisi delle serie storiche del numero degli incendi e delle superfici percorse dal fuoco non permette una comprensione completa del fenomeno degli incendi (Ascoli 2019) ma, ad opinione di chi scrive, il dato osservato rimane comunque sovraordinato rispetto ai risultati delle simulazioni modellistiche. Con i dati a disposizione e per quanto evidenziato dai risultati, non si può negare l'emergenza recente di una tendenza all'aumento dell'occorrenza di incendi di grandi dimensioni, ma rispetto alla sua origine non si può escludere la concomitanza di fattori indipendenti tra loro. Parimenti, anche quando non emerge alcuna tendenza, non si può escludere la presenza di un agente causale di origine climatica. In definitiva è essenziale monitorare il dato di realtà, acquisendolo in serie storiche, per verificare le ipotesi e le proiezioni modellistiche.

## Bibliografia

- Abatzoglou JT, Williams AP, Barbero R (2019). Global emergence of anthropogenic climate change in fire weather indices. *Geophysical Research Letters* 46: 326-336. - doi: [10.1029/2018GL08095](https://doi.org/10.1029/2018GL08095)
- Ali E, Cramer W, Carnicer J, Georgopoulou E, Hilmi NJM, Le Cuzannet G, Lionello P (2022). Cross-chapter paper 4: Mediterranean region. In: "Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability". Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Pörtner HO, Roberts DC, Tignor M, Poloczanska ES, Mintenbeck K, Alegría A, Craig M, Langsdorf S, Löschke VM, Okem A, Rama B eds). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 2233-2272. - doi: [10.1017/9781009325844.021](https://doi.org/10.1017/9781009325844.021)
- Andela N, Morton DC, Giglio L, Chen Y, Van Der Werf GR, Kasibhatla PS, DeFries RS, Collatz GJ, Hantson S, Kloster S, Bachelet D, Forrest M, Lasslop G, Li F, Mangan S, Melton JR, Yue C, Randerson JT (2017). A human-driven decline in global burned area. *Science* 356 (6345): 1356-1362. - doi: [10.1126/science.aal4108](https://doi.org/10.1126/science.aal4108)
- Ascoli D (2019). Il paradosso del fuoco: si può spiegare in 5000 caratteri? *Sherwood – Foreste e alberi oggi*, Compagnia delle Foreste, Arezzo, vol. 241, pp. 43.
- Bebi P, Seidl R, Motta R, Fuhr M, Firm D, Krumm F, Conedera M, Ginzler C, Wohlgemuth T, Kulakowski D (2017). Changes of forest cover and disturbance regimes in the mountain forests of the Alps. *Forest Ecology and Management* 388: 43-56. - doi: [10.1016/j.foreco.2016.10.028](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.028)
- Blasi C, Bovio G, Corona P, Marchetti M, Maturani A (2004). Incendi e complessità ecosistemica. Dalla pianificazione forestale al recupero ambientale. Palombi Editore, Roma.
- Bovio G, Marchetti M, Tonarelli L, Salis M, Vacchiano G, Lovreglio R, Elia M, Fiorucci P, Ascoli D (2017). Gli incendi boschivi stanno cambiando: cambiamo le strategie per governarli. *Forest@* 14:

- 202-205. - doi: [10.3832/efor2537-014](https://doi.org/10.3832/efor2537-014)
- Bowman DMJS, Balch JK, Artaxo P, Bond WJ, Carlson JM, Cochrane MA, D'Antonio CM, DeFries RS, Doyle JC (2009). Fire in the earth system. *Science* 324: 481-484. - doi: [10.1126/science.1163886](https://doi.org/10.1126/science.1163886)
- Brotans L, Aquilué N, De Cáceres M, Fortin M-J, Fall A (2013). How fire history, fire suppression practices and climate change affect wildfire regimes in Mediterranean landscapes. *PLoS One* 8(5): e62392. - doi: [10.1371/journal.pone.0062392](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062392)
- Camia A, Amatulli G, San-Miguel-Ayanz J (2008). Past and future trends of forest fire danger in Europe. *EUR* 23427 EN, OPOCE:2008, JRC46533, Luxembourg, Luxembourg.
- Camuffo D, Bertolin C, Barriendos M, Dominguez-Castro F, Cocheo C, Enzi S, Sghedoni M, Valle A, Garnier E, Alcoforado M-J, Xoplaki E, Luterbacher J, Diodato N, Maugeri M, Nunes MF, Rodriguez R (2010). 500-year temperature reconstruction in the Mediterranean Basin by means of documentary data and instrumental observations. *Climatic Change* 101: 169-199. - doi: [10.1007/s10584-010-9815-8](https://doi.org/10.1007/s10584-010-9815-8)
- De Laurentis D, Papitto G, Gasparini P, Di Cosmo L, Floris A (2021). Italian forests - Selected results of the third National Forest Inventory INFC2015. CREA - Research Centre for Forestry and Wood, Carabinieri Command of Forestry, Environmental and Agri-food units. [ISBN 978-88-338-5140-2]
- FAO (2013). State of Mediterranean forests 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO, Rome, Italy. [E-ISBN: 978-92-5-107538-8]
- 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 (3): 651-662. - doi: [10.1007/s00267-012-9961-z](https://doi.org/10.1007/s00267-012-9961-z)
- Giorgi F (1990). Simulation of regional climate using a limited area model nested in a general circulation model. *Journal of Climate* 3: 941-963. - doi: [10.1175/1520-0442\(1990\)003<0941:SORCUA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1990)003<0941:SORCUA>2.0.CO;2)
- Iriarte-Gofiñi I, Ayuda M-I (2018). Should forest transition theory include effects on forest fires? The case of Spain in the second half of the twentieth century. *Land Use Policy* 76: 789-797. - doi: [10.1016/j.landusepol.2018.03.009](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.03.009)
- Jones MW, Abatzoglou JT, Veraverbeke S, Andela N, Lasslop G, Forkel M, Smith AJP, Burton C, Betts RA, Van Der Werf GR, Sitch S, Canadell JG, Santín C, Kolden C, Doerr SH, Le Quéré C (2022). Global and regional trends and drivers of fire under climate change. *Reviews of Geophysics* 60: e2020RG000726. - doi: [10.1029/2020RG000726](https://doi.org/10.1029/2020RG000726)
- Koutsias N, Xanthopoulos G, Founda D, Xystrakis F, Nioti F, Pleiniou M, Mallinis G, Arianoutsos M (2013). On the relationships between forest fires and weather conditions in Greece from long-term national observations (1894-2010). *International Journal of Wildland Fire* 22: 493-507. - doi: [10.1071/WF12003](https://doi.org/10.1071/WF12003)
- Lavalle C, Micale F, Houston TD, Camia A, Hiederer R, Lazar C, Conte C, Amatulli G, Genovese G (2009). Climate change in Europe. 3. Impact on agriculture and forestry. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29: 433-446. - doi: [10.1051/agro/2008068](https://doi.org/10.1051/agro/2008068)
- Lovreglio R, Leone V, Giaquinto P, Notarnicola A (2010). Wildfire cause analysis: four case-studies in southern Italy. *iForest - Biogeosciences and Forestry* 3 (1): 8-15. - doi: [10.3832/iforo521-003](https://doi.org/10.3832/iforo521-003)
- 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. - doi: [10.3832/efor0693-009](https://doi.org/10.3832/efor0693-009)
- Malandra F, Vitali A, Morresi D, Garbarino M, Foster DE, Stephens SL, Urbinati C (2022). Burn severity drivers in Italian large wildfires. *Fire* 5: 180. - doi: [10.3390/fire5060180](https://doi.org/10.3390/fire5060180)
- MIPAAF-CFS (2002). Indagine conoscitiva incendi boschivi. Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, Corpo Forestale dello Stato, New Graphic snc, Roma.
- Mollicone D (2007). Foreste boreali e incendi: all'inizio di una nuova era? *Forest@* 4 (4): 345-347. - doi: [10.3832/eforo498-004](https://doi.org/10.3832/eforo498-004)
- 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: 85-95. - doi: [10.3354/cro31085](https://doi.org/10.3354/cro31085)
- Narayan C (2007). Review of CO<sub>2</sub> emissions mitigation through prescribed burning. Technical Report 25, European Forest Institute, Joensuu, Finland.
- Odwuor A, Yañez CC, Chen Y, Hopkins FM, Moreno A, Xu X, Czimeczik CI, Randerson JT (2023). Evidence for multi-decadal fuel buildup in a large California wildfire from smoke radiocarbon measurements. *Environmental Research Letters* 18 (9): 094030. - doi: [10.1088/1748-9326/acd17](https://doi.org/10.1088/1748-9326/acd17)
- OECD (2023). Taming wildfires in the context of climate change. Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD Publishing, Paris, France. - doi: [10.1787/dd00c367-en](https://doi.org/10.1787/dd00c367-en)
- Perkins-Kirkpatrick SE, Lewis SC (2020). Increasing trends in regional heatwaves. *Nature Communications* 11: 3357. - doi: [10.1038/s41467-020-16970-7](https://doi.org/10.1038/s41467-020-16970-7)
- Russo S, Sillmann J, Fischer EM (2015). Top ten European heatwaves since 1950 and their occurrence in the coming decades. *Environmental Research Letters* 10: 124003. - doi: [10.1088/1748-9326/10/12/124003](https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/124003)
- Seidl R, Thom D, Kautz M, Martin-Benito D, Peltoniemi M, Vacchiano G, Wild J, Ascoli D, Petr M, Honkaniemi J, Lexer MJ, Trotsiuk V, Mairota P, Svoboda M, Fabrika M, Nagel TA, Reyer CPO (2017). Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change* 7: 395-402. - doi: [10.1038/nclimate3303](https://doi.org/10.1038/nclimate3303)
- Tedim F, Xanthopoulos G, Leone V (2015). Chapter 5 - Forest fires in Europe: facts and challenges. In: "Wildfire Hazards, Risks and Disasters" (Shroder JF, Paton D eds). Elsevier, Amsterdam, Netherlands, pp. 77-99. - doi: [10.1016/B978-0-12-410434-1.00005-1](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410434-1.00005-1)
- Turco M, Llasat MC, Von Hardenberg J, Provenzale A (2014). Climate change impacts on wildfires in a Mediterranean environment. *Climatic Change* 125: 369-380. - doi: [10.1007/s10584-014-1183-3](https://doi.org/10.1007/s10584-014-1183-3)
- Turco M, Rosa-Cánovas JJ, Bedia J, Jerez S, Montávez JP, Llasat MC, Provenzale A (2018). Exacerbated fires in Mediterranean Europe due to anthropogenic warming projected with non-stationary climate-fire models. *Nature Communications* 9: 3821. - doi: [10.1038/s41467-018-06358-z](https://doi.org/10.1038/s41467-018-06358-z)
- Vaccari L (1932). Difendiamo i nostri boschi; 1932. Comitato Nazionale Forestale, Tipografia del popolo d'Italia, Milano.
- Wigley T, Jones P (1981). Detecting CO<sub>2</sub>-induced climatic change. *Nature* 292: 205-208. - doi: [10.1038/292205a0](https://doi.org/10.1038/292205a0)
- Williams AP, Abatzoglou JT (2016). Recent advances and remaining uncertainties in resolving past and future climate effects on global fire activity. *Current Climate Change Reports* 2 (1): 1-14. - doi: [10.1007/s40641-016-0031-0](https://doi.org/10.1007/s40641-016-0031-0)