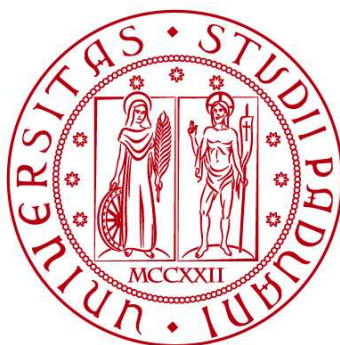


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE, E
AMBIENTALE

Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il
Territorio



TESI DI LAUREA
INCENDI BOSCHIVI NELL'AREA
MEDITERRANEA.
CAUSE, CONSEGUENZE E PROSPETTIVE
DI INTERVENTO.

Relatore: PROF. MICHELANGELO SAVINO

Laureando: FRANCESCO ZIVI

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

Sommario

<i>1. L'impatto degli incendi boschivi nell'area mediterranea</i>	3
La situazione del Bacino mediterraneo in anni recenti.	7
<i>2. Le cause</i>	12
Cause naturali	14
Cause accidentali	15
Cause colpose	16
Cause dolose	16
Fattori predisponenti.....	19
Cambiamenti nell'utilizzo del terreno	20
Il caso Veneto	21
<i>3. Interventi</i>	24
Previsione	24
Prevenzione	25
Lotta attiva.....	26
Bonifica	28
Il caso Toscana.....	31
Il caso Sardegna.....	36
<i>4. Riferimenti alle norme sull'uso dei terreni percorsi da fuoco</i>	45
<i>5. Conclusioni</i>	48
<i>Bibliografia</i>	50

1. L'impatto degli incendi boschivi nell'area mediterranea

L'incendio boschivo viene definito dalla legge del 21 novembre 2000 n. 353 come “fuoco che sfugge al controllo 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”.

Gli incendi avvengono nei luoghi in cui è disponibile abbastanza carburante vegetale e una sorgente di accensione, come per esempio i fulmini o un fuoco acceso dall'uomo. Una volta appiccato l'incendio, ci sono molti fattori che influenzano la distribuzione delle fiamme. Alcuni di questi fattori sono: il tipo e la struttura della vegetazione, il suo contenuto di umidità, la durata e l'intensità delle fiamme, la topografia del territorio, la direzione e la velocità del vento.

Il periodo di maggiore rischio incendio nell'area mediterranea inizia solitamente in giugno e finisce in settembre. I cambiamenti climatici a cui stiamo assistendo stanno prolungando questo periodo.

In particolare in Italia, nelle regioni caratterizzate da clima alpino e continentale, ovvero le regioni dell'arco alpino e prealpino e delle zone montane e sub-montane appenniniche, gli incendi boschivi si verificano soprattutto nella stagione invernale-primaverile. Questo accade a causa delle scarse precipitazioni autunnali, che creando una situazione siccitosa, producono condizioni ottimali per gli incendi. Le abbondanti precipitazioni durante la stagione estiva riducono invece il numero di incendi.

Nelle regioni peninsulari e insulari del centro-sud Italia, la stagione con il maggior numero di incendi è quella estiva. Queste zone sono caratterizzate da estese ondate di calore e da venti caldi provenienti da sud, che creano le condizioni ottimali per il dilagare di incendi.

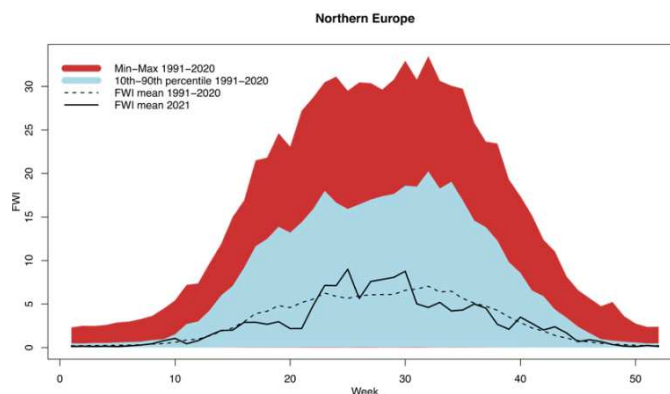


Figura 1: andamento annuale del FWI per il Nord Europa

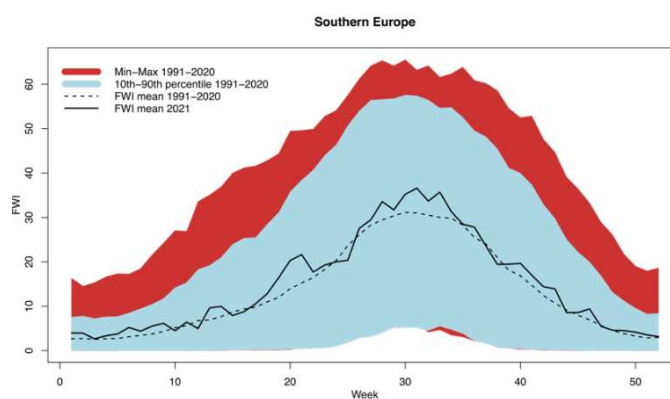


Figura 2: andamento annuale del FWI, Sud Europa

Questo accade perché in questo periodo dell'anno si verificano alte temperature e bassa umidità relativa, condizioni che predispongono la vegetazione e la materia organica alla combustione.

Gli incendi sono una parte naturale dell'ecosistema mediterraneo, tuttavia un aumento nella loro frequenza e intensità provoca un aggravamento della perdita di habitat e di biodiversità, un aumento dei danni alle proprietà e alle persone e un progressivo peggioramento della qualità dell'aria.

Negli ultimi anni i cambiamenti climatici in Europa hanno comportato un aumento del rischio di incendio.

Per capire come varia l'infiammabilità di una determinata area in corrispondenza delle condizioni meteorologiche e per determinare l'entità del rischio incendio si ricorre all'uso di indici come il *Fire*

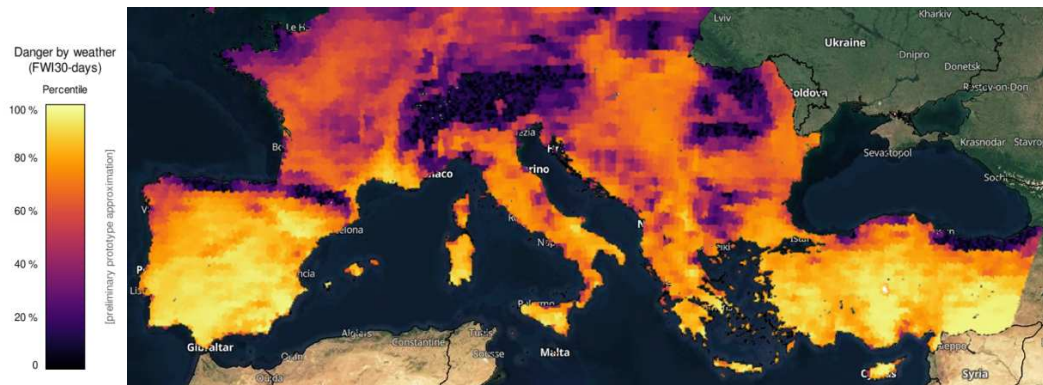
Weather Index (FWI). È un indice basato su modelli utilizzati in tutto il mondo per stimare il pericolo di incendio. Indica l'intensità degli incendi potenziali combinando la velocità di propagazione dell'incendio con la quantità di combustibile consumata, tenendo conto della temperatura, dell'umidità relativa, della velocità del vento, delle precipitazioni, delle condizioni di siccità, della disponibilità di combustibile, delle caratteristiche della vegetazione e della topografia. Questo indice è stato calibrato per descrivere gli incendi nelle foreste boreali del Canada, ma restituisce risultati affidabili anche in altre regioni ed è stato adottato come principale parametro di modellazione da parte di EFFIS. [1]

Il sistema EFFIS fornisce diverse rappresentazioni relativamente al rischio incendio per quanto riguarda l'Europa.

L'indice di rischio per gli incendi boschivi è dato dal rischio di incendio più elevato nella cella spaziale (in percentuale), tenendo conto della modellazione dell'incendio e considerando ogni tipo di incendio scaturito da materiale vegetale solo per la potenzialità di trasformarsi in incendio.

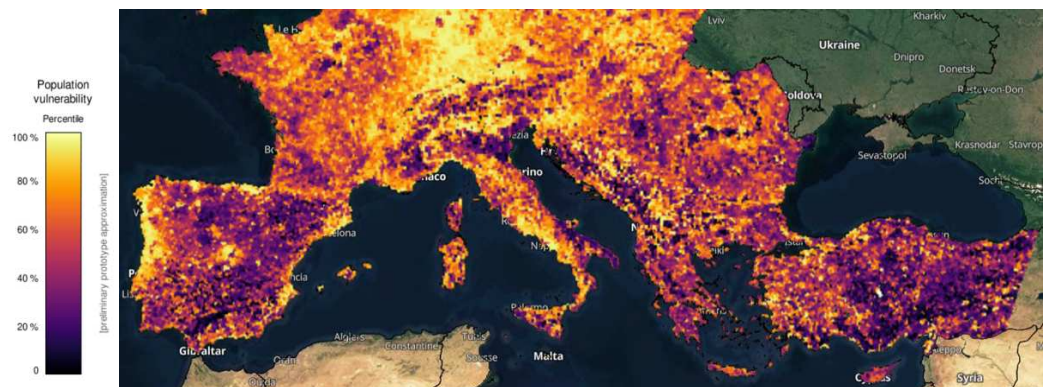


L'indice evidenzia i giorni con pericolo di incendio da alto a estremo in caso di condizioni meteorologiche avverse.

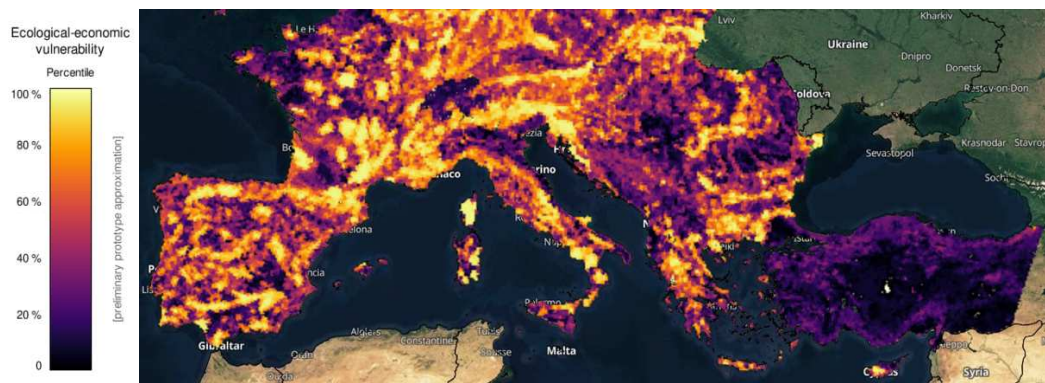


Fornisce anche diverse mappe riguardo la vulnerabilità della popolazione e delle risorse ecologiche ed economiche.

L'indice aggregato di vulnerabilità della popolazione è un indice basato sulla popolazione esposta nell'interfaccia urbano-forestale, che risulta la più vulnerabile.



Indice aggregato di vulnerabilità ecologica ed economica. L'indice di vulnerabilità ecologica si basa sul punteggio di "insostituibilità" ecologica (IRR) della vegetazione locale e la porzione di area protetta (PAF) per ogni cella. L'indice di vulnerabilità economica si basa sul costo di ripristino delle aree agricole e forestali.



La situazione del Bacino mediterraneo in anni recenti.

Nei paesi caratterizzati da un clima di tipo mediterraneo si osserva che solitamente un numero ridotto di incendi brucia la maggior parte della superficie percorsa. Questi sono definiti come “mega-incendi”, che sono caratterizzati da intensità, durata e dimensioni incontrollabili. [2]

Nel decennio che ha preceduto il 2017 Portogallo, Spagna, Francia, Italia, Turchia e Grecia sono stati colpiti annualmente da incendi che cumulativamente hanno bruciato circa 250.000 ha.

Il 2017 è stato un anno caratterizzato da molti incendi, molto più intensi degli anni precedenti, che hanno percorso un’area pari a più del doppio delle medie degli anni prima.

Nel 2020 poi l’area colpita dagli incendi è tornata ad essere maggiore delle medie del decennio precedente. In questo anno tra le zone colpite rientrano anche le aree protette (31% degli incendi in Italia sono avvenuti in zone Natura 2000).

Gli eventi di maggiore entità si sono verificati nel 2021, anno in cui sono bruciati più di 600.000 ha nei sei paesi euromediterranei. [3]

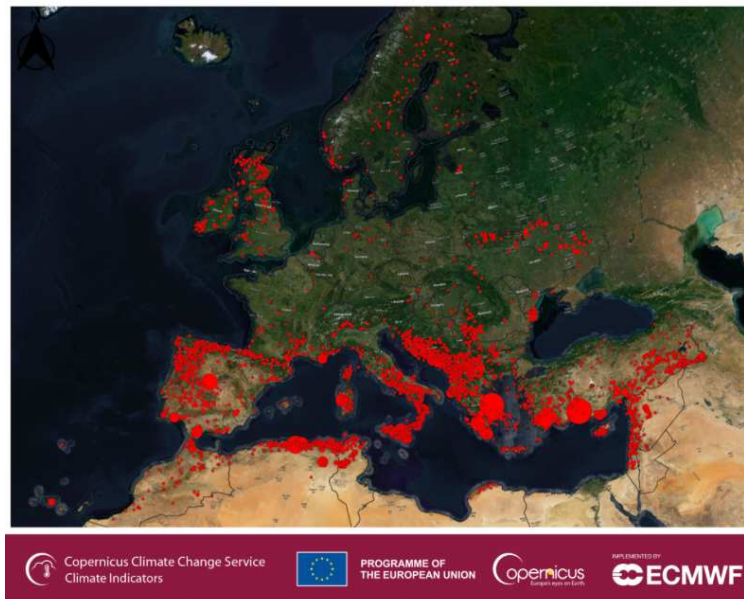


Figura 3: distribuzione ed estensione delle aree percorse da fuoco nell'Europa mediterranea nel 2021. [1]

Vale la pena di riportare alcuni dati che rappresentano l'estensione delle foreste in Italia.

Le foreste italiane sono estese per oltre 11 milioni di ettari, sono formate da oltre 12 miliardi di alberi pari a 200 piante per ogni cittadino, rappresentano il 36,7% del territorio nazionale (30,13 milioni di ettari) e sottraggono dall'atmosfera circa 46,3 milioni di tonnellate di anidride carbonica.

La superficie forestale complessiva è ripartita in 9.165.505 ettari di bosco vero e proprio (84%) e in 1.836.508 ettari di altre terre boscate (16%), intendendo per altre terre boscate i boschi radi, le boscaglie, la macchia e gli arbusteti.

Le regioni dell'Arco alpino contribuiscono alla superficie complessiva dei boschi italiani con il 38%, quelle dell'Appennino centrale con il 36% e quelle dell'Appennino meridionale e delle Isole con il 26%.

Sardegna, Toscana, Piemonte, Calabria e Lazio sono le regioni con la superficie forestale più ampia. Puglia, Molise e Valle d'Aosta invece sono le regioni con la minore superficie forestale.

Tra il 2005 e il 2015 la superficie forestale italiana è aumentata del 5,5%; circa un terzo fa parte di aree protette per un totale di 11 milioni di ettari. La copertura agricola è di circa 13 milioni di ettari. [4]



Figura 4: copertura del suolo. [5]

In Italia, se consideriamo l'andamento a partire dagli anni '80, la superficie percorsa dal fuoco sta diminuendo, tuttavia in questa

diminuzione generale stanno diventando sempre più frequenti le annate caratterizzate da episodi molto gravi (2007, 2012, 2017, 2021). Nel solo 2021, approssimativamente 170.000 ettari sono stati incendiati: circa il 60% in più della media dei quarant'anni precedenti (107.000 ettari).

La Spagna nel 2021 è stata interessata da più di 6.000 incendi per un totale di circa 75.000 ettari colpiti dalle fiamme. Osservando le medie annuali si nota che la stagione degli incendi si sta man mano anticipando.

In Francia le aree maggiormente colpite sono quelle mediterranee (Provenza e Corsica) e si notano anche in questo caso delle anomalie dei pattern spazio-temporali dei roghi: iniziano già nei mesi primaverili e si diffondono in zone più a nord, colpendo aree che non avevano mai sperimentato incendi prima d'ora.

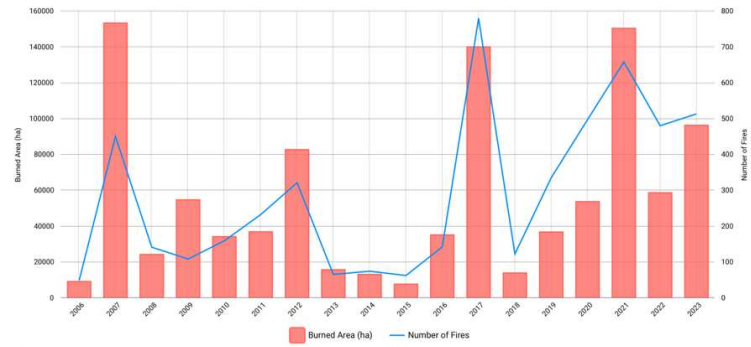
Il Portogallo è stato il secondo paese in Europa maggiormente colpito da incendi nel 2020, mentre il 2021 non è stato un anno particolarmente drammatico, caratterizzato solamente da incendi che hanno interessato superfici ridotte.

In Turchia nel 2021 gli incendi sono stati tra i più gravi della storia del Paese. Si sono sviluppati più di 20 mega-incendi che hanno colpito 50 province, percorrendo più di 200.000 ha. Non solo l'area colpita è estremamente estesa (circa cinque volte di più del decennio precedente), ma l'incendio ha anche colpito zone che ospitavano una grande biodiversità (Antalya).

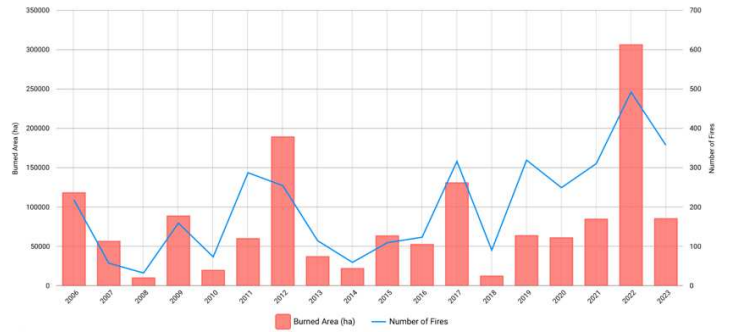
In Grecia nel 2021 la superficie forestale colpita da incendio ha raggiunto un'estensione che solitamente viene coperta in vent'anni, colpendo anche molti siti Natura 2000. [3]

Di seguito si riportano gli istogrammi rappresentanti l'andamento della superficie percorsa dal fuoco per i sei Paesi europei dal 2006 al 2023, realizzati tramite l'*EFFIS Statistics Portal* che raccoglie ed elabora le statistiche degli incendi con estensione maggiore dei 30 ha in Europa.

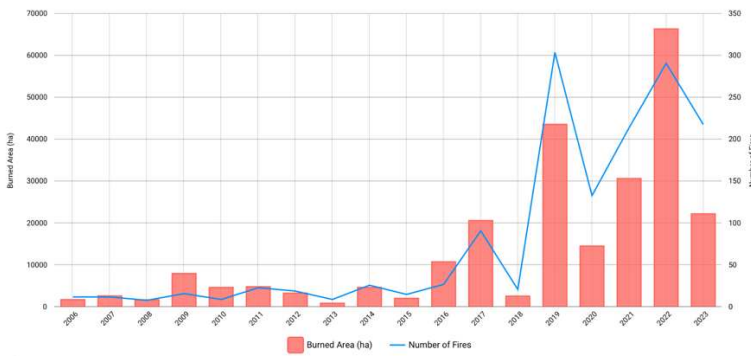
Italia



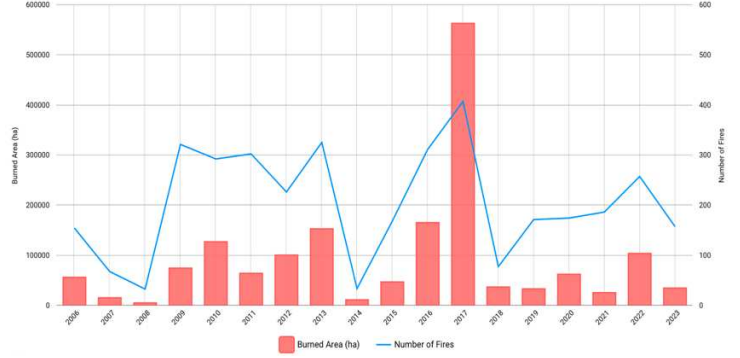
Spagna



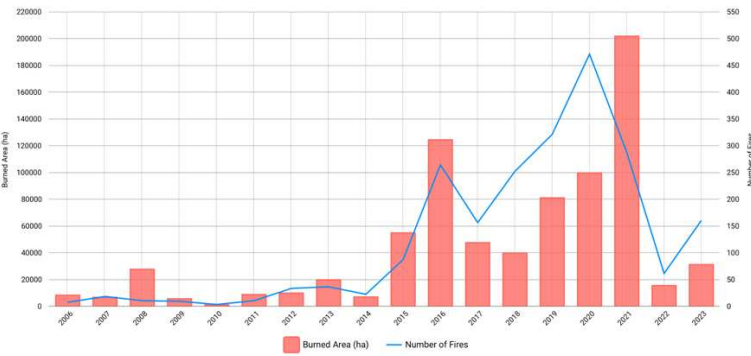
Francia



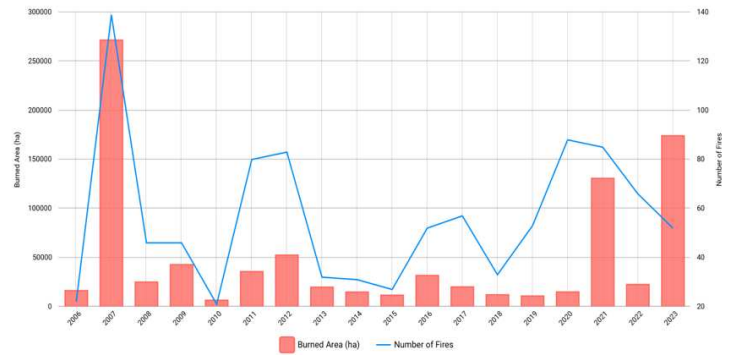
Portogallo



Turchia



Grecia



2. Le cause

Prima dell'assorbimento nell'Arma dei Carabinieri (2017), il Corpo Forestale dello Stato, per incarico del Governo, ha condotto un'indagine approfondita sulle principali cause degli incendi boschivi. Quest'indagine, a cura in particolare del Servizio Antincendio del CFS, ha delineato cinque categorie di cause:

- Cause naturali
 - Incendi causati da fulmini
 - Incendi causati da eruzioni vulcaniche
- Cause accidentali
 - Incendi causati da scintille delle ruote dei treni o di particolari locomotive
 - Altro eventuale
- Cause colpose
 - Incendi causati da mozziconi di sigaretta o fiammiferi
 - Lungo le reti viarie
 - In aree di campagna
 - In aree boschive
 - Lungo linee ferroviarie
 - Incendi causati da attività agricole e forestali
 - Per ripulita di incolti
 - Per eliminare residui vegetali
 - Per la rinnovazione del pascolo
 - Per la bruciatura delle stoppie
 - Per la ripulita di scarpate stradali o ferroviarie
 - Incendi dovuti ad altre cause colpose
 - Incendi causati da attività ricreative e turistiche
 - Incendi causati da lanci di petardi o razzi, brillamento di mine o esplosivi
 - Incendi causati dall'uso di apparecchi a motore, a fiamma, elettrici o meccanici

- Incendi causati da manovre militari o esercitazioni di tiro
 - Incendi causati da bruciatura di rifiuti in discariche abusive
 - Incendi causati da cattiva manutenzione di elettrodotti o dalla rottura e caduta a terra di conduttori
 - Incendi determinati da cause colpose non ben definite
- Cause dolose
- Incendi le cui motivazioni sono connesse alla ricerca di un profitto
 - Incendi causati da apertura o rinnovazione del pascolo alle spese del bosco
 - Incendi causati dalla volontà di recuperare terreni agricoli a spese del bosco per la coltivazione o per attivare contributi comunitari
 - Incendi causati con l'intento di guadagnare dalla scomparsa della vegetazione a fini di coltivazione agricola
 - Incendi causati con l'intento di guadagnare dalla scomparsa della vegetazione a fini di speculazione edilizia
 - Incendi causati con l'intento di ricercare vantaggi
 - Incendi causati da questioni occupazionali connesse agli operai assunti dagli Enti Locali
 - Incendi causati con l'intento di distruggere a mezzo del fuoco opere forestali non ben eseguite
 - Incendi causati con l'intento di essere inclusi in squadre anti incendio
 - Incendi causati da azioni non corrette riconducibili al bracconaggio

- Incendi causati per ottenere prodotti conseguenti al passaggio del fuoco
 - Incendi causati dalla criminalità organizzata
 - Incendi dovuti a manifestazioni di protesta, risentimenti e insensibilità verso il bosco
 - Incendi causati da vendette o ritorsioni nei confronti della Pubblica amministrazione
 - Incendi causati da conflitti o vendette tra i proprietari
 - Incendi causati da proteste contro i vincoli imposti nelle aree protette
 - Incendi causati per gioco o divertimento di minorenni
 - Incendi causati con l'intento di deprezzare aree turistiche
 - Incendi causati a fatti riconducibili a contrapposizioni politiche
 - Incendi causati da atti terroristici
 - Incendi causati da insoddisfazioni, dissenso sociale, turbe comportamentali (piromania e mitomania)
 - Cause dubbie, cioè cause in cui non è individuabile la motivazione che ha dato origine all'incendio
- [6]

Cause naturali

L'incidenza delle cause naturali nel verificarsi di un incendio è bassissima, infatti solamente l'1,1% degli incendi è causato da fattori naturali e in particolare dai fulmini.

Questo tipo di incendio si verifica soprattutto in zone montane, dove gli alberi conducono con facilità le scariche elettriche e il fulmine è in grado di appiccicare fuoco al legno dell'albero o alla lettiera.

Altre cause naturali sono le eruzioni vulcaniche e le autocombustioni che si verificano molto raramente e sono circoscritte ad aree particolari.

Motivazioni	Numero incendi	% sulle cause naturali	% sul totale
Incendi causati da fulmini	80	98,7	1,1
Incendi causati da eruzioni vulcaniche	1	1,3	0,0
Totale	81	100	1,1

Cause accidentali

Sono classificate come accidentali le cause che non dipendono direttamente dall'azione umana, ma che sono riconducibili alla presenza e alle attività dell'uomo sul territorio.

Questa classe comprende gli incendi provocati dalle scintille che si originano dall'attrito degli impianti frenanti dei treni e dalle variazioni di tensione sulle linee elettriche.

Motivazioni	Numero incendi	% sulle cause accidentali	% sul totale
Scintille provocate dall'attrito delle ruote dei treni con binari	27	69,2	0,4
Incendi accidentali senza attribuzione	12	30,8	0,1
Totale	39	100	0,5

Cause colpose

Un incendio colposo (o involontario) viene provocato da comportamenti umani che non sono finalizzati alla specifica volontà di arrecare danno. Questo tipo di incendio scaturisce quindi dalla negligenza, imprudenza o imperizia, spesso nella violazione di norme e regolamenti.

Gli incendi colposi sono riconducibili ad un ampio numero di comportamenti che attengono all'uso del territorio (come l'agricoltura e la pastorizia) a cui si unisce un'altra casistica di eventi legati alla frequentazione degli ambiti rurali e boscati da parte di escursionisti e turisti.

Motivazioni	Numero incendi	% sulle cause colpose	% sul totale
Incendi causati da mozziconi di sigaretta	522	22,5	7,8
Incendi causati da attività agricole e forestale	1492	60,8	20,9
Incendi dovuti ad altre cause colpose	141	5,8	5,7
Totale	2452	100	34,4

Cause dolose

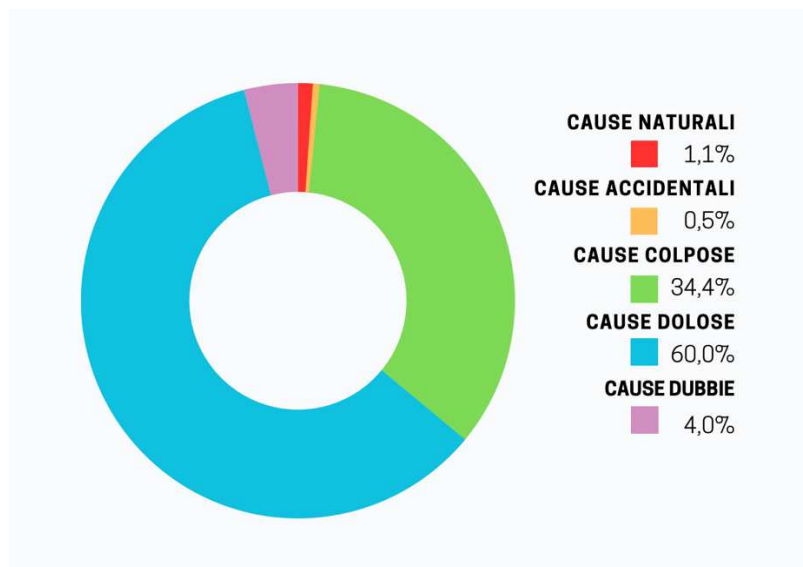
Gli incendi di tipo doloso sono riconducibili alla volontà di appiccare un incendio con il fine di recare danno all'ambiente e alle cose. Dai dati rilevati si evince che il fattore doloso è la causa preponderante degli incendi boschivi in Italia e si nota che l'aumento degli incendi negli ultimi anni è legato all'aumento della dolosità.

Questi incendi scaturiscono soprattutto da volontà di vendette trasversali e da volontà di utilizzo del suolo a vantaggio di interessi privati; ma vengono anche appiccati dagli operai degli Enti locali

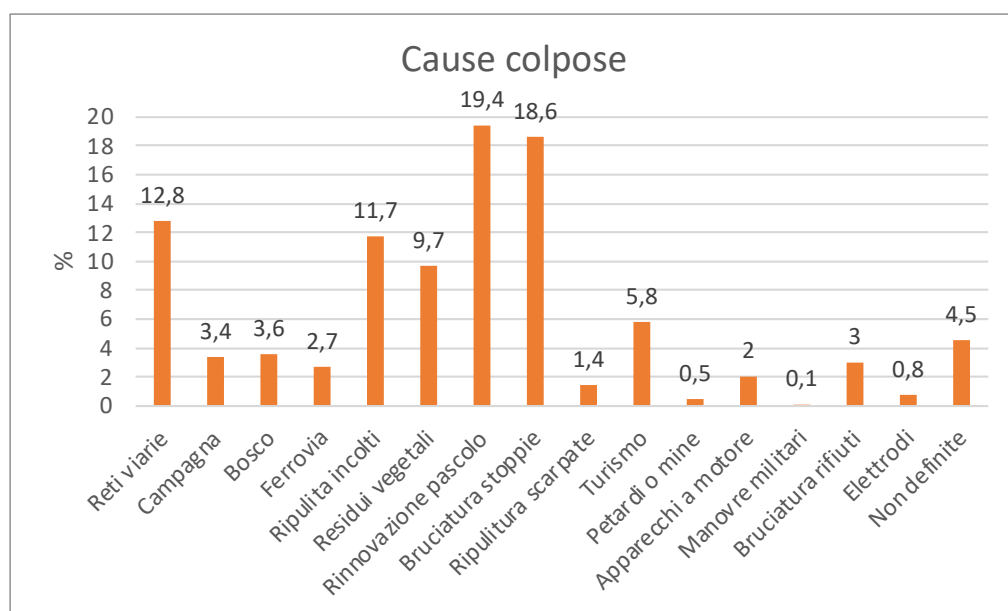
impiegati nel comparto forestale e da persone che vengono qualificate dalla legge come “incendiari” ovvero *dediti al delitto di incendio doloso o colposo previsto dal codice penale* (artt. 423 e segg. c.p.).

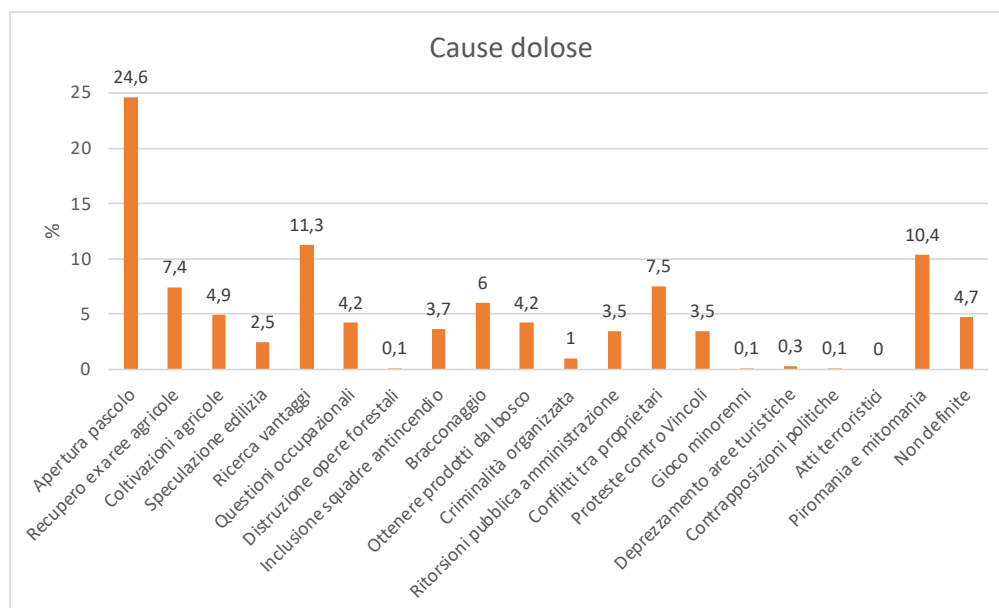
Motivazioni	Numero incendi	% sulle cause dolose	% sul totale
Motivazioni connesse alla ricerca di un profitto	2992	69,9	41,9
Motivazioni connesse a manifestazioni di protesta, risentimenti e insensibilità verso il bosco	1085	25,4	15,3
Cause dolose non ben definite	202	4,7	2,8
Totale	4279	100	60,0

Appare evidente che le manifestazioni dolose concorrono a formare la causa di incendio prevalente, costituendo circa il 60% del totale delle cause e la classe che segue per numerosità è quella degli incendi colposi.



Osservando ancora più nel dettaglio la distribuzione delle cause, si osserva che nel caso delle motivazioni colpose le percentuali maggiori (19,4% e 18,6%) derivano dalla rinnovazione del pascolo e dalla bruciatura di stoppie; tra le motivazioni dolose spicca l'apertura del pascolo, che dà origine a circa il 25% degli incendi totali dolosi.





Fattori predisponenti

I fattori predisponenti degli incendi sono l'insieme degli elementi che favoriscono l'innesco di un incendio. Questi vengono considerati per valutare gli indici di previsione del rischio. Si suddividono in tre categorie:

- **Caratteristiche della vegetazione:** contenuto d'acqua, presenza di specie più o meno infiammabili e combustibili, stato di manutenzione del bosco.
- **Condizioni climatiche:** i fattori che influenzano maggiormente le caratteristiche degli incendi sono il vento, l'umidità e la temperatura. L'umidità influenza direttamente la combustibilità del materiale vegetale; il vento rimuove invece l'umidità dall'aria e trasporta ossigeno, aumentando la velocità di propagazione, la temperatura del combustibile e dell'aria, influenzando le modalità di accensione e di propagazione del fuoco.

I cambiamenti climatici e il conseguente aumento delle temperature favoriscono la presenza di incendi e ne facilitano l'accensione. Nel JRC Technical Report del 2017 viene evidenziato come il cambiamento climatico potrebbe aumentare

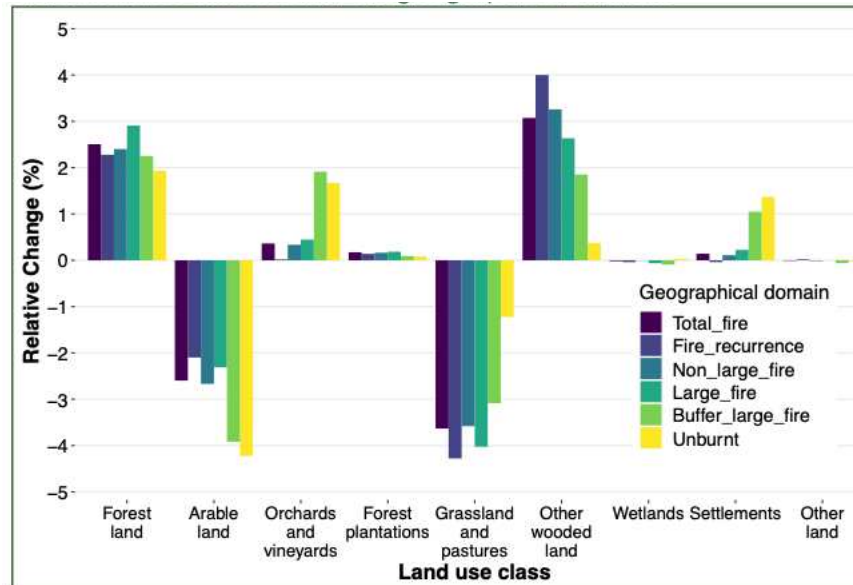
del 20-30% il numero degli incendi ogni dieci anni. Inoltre si riporta che il calo delle precipitazioni provocherà un aumento del numero degli incendi. [7]

- Morfologia del terreno: la velocità di propagazione aumenta all'aumentare della pendenza del versante e il rischio incendio aumenta per i versanti esposti a sud ovest, che essendo esposti maggiormente al sole avranno meno contenuto d'acqua.

Cambiamenti nell'utilizzo del terreno

Negli ultimi 18 anni gli Inventari Nazionali delle Foreste e dei Crediti di carbonio (INFC 2005 e 2015) hanno informato sull'espansione delle superfici occupate da foreste e sul fatto che, mediamente, il volume di legno presente nei boschi italiani è aumentato. Tali incrementi, leggibili come un miglioramento complessivo delle potenzialità forestali, non sono gli effetti della pianificazione e della selvicoltura che abbiamo praticato, ma del progressivo, e non ancora esaurito, abbandono delle aree montane e collinari.

Questo abbandono provoca un'espansione dell'area boscata e dei terreni coperti da arbusti, aumentando così il materiale combustibile, e una diminuzione dei terreni agricoli, dei prati sfalciabili e dei pascoli, in genere meno inclini a essere interessati dall'incendio. In altre parole la superficie forestale è di molto aumentata, quasi raddoppiata, nell'ultimo secolo a scapito dei terreni agricoli di montagna e collina (Inventario Nazionale delle Foreste) tanto che nel 2020 la superficie forestale ha superato quella agraria; non avveniva da secoli. Ne consegue che da una parte le superfici sono più facilmente interessate da incendi e dall'altra i pastori trovano meno pascolo disponibile di prima e talvolta alcuni di loro si liberano del bosco provocando incendi.



In questo grafico vengono rappresentati i cambiamenti (percentuali) relativi alla presenza di incendi a seconda dell'uso del suolo. Appare evidente che i terreni coltivati e utilizzati stabilmente dall'uomo sono caratterizzati dalla diminuzione degli incendi, mentre le foreste li fanno aumentare. [8]

Un altro problema che scaturisce dall'abbandono delle zone agricole è l'aumento dell'area di interfaccia urbano-forestale. In quest'area di contatto tra le strutture antropiche e la natura, la probabilità di innesco di un incendio e la possibilità di danni a persone e strutture aumenta.

Il caso Veneto

Dalla seconda metà del '900, il miglioramento delle condizioni di vita, innescato dal boom economico, ha generato un processo di progressivo abbandono di molte attività agricole e selvicolturali in zone montane e collinari.

Tale fenomeno ha riavviato la crescita della vegetazione naturale in zone precedentemente utilizzate per pascoli o per lo sfalcio, portando ad un progressivo sviluppo di uno strato arbustivo ed arboreo assente in precedenza.

Dall'altro lato, il mancato utilizzo e manutenzione dei boschi in precedenza impiegati nella selvicoltura, favorisce l'aumentare della massa legnosa, con conseguente aumento dei fenomeni di disseccamento e moria (tipici delle formazioni vegetali troppo dense).

L'insieme di queste dinamiche ha come effetto l'aumento del materiale vegetale secco nell'ambiente che costituisce il potenziale combustibile per lo sviluppo degli incendi. Una grande quantità di materiale secco facilita inoltre la propagazione delle fiamme alle piante ancora verdi.

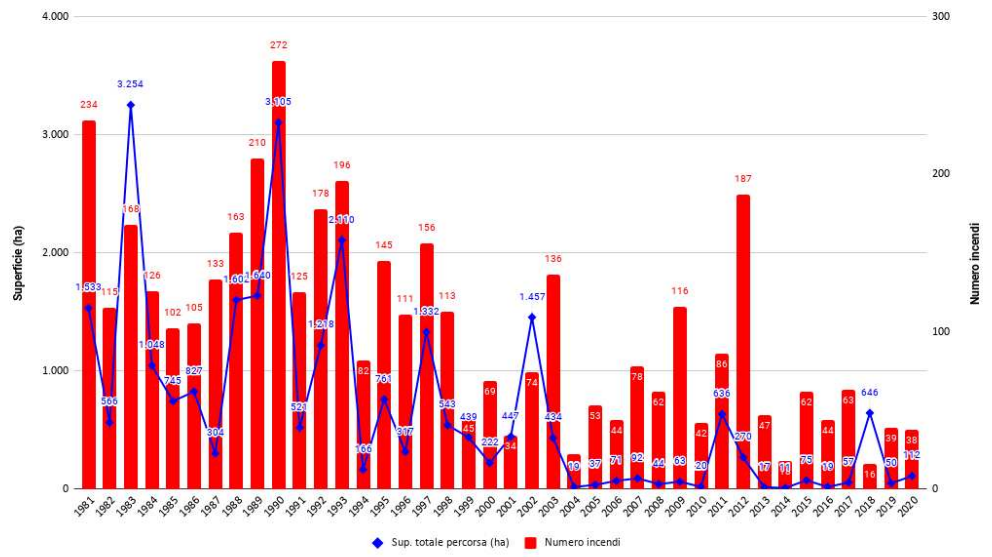
Un altro elemento che causa l'aumento degli incendi boschivi è la maggiore frequentazione di tali luoghi da parte dei turisti (sempre più presenti negli ultimi anni). Quest'aumento della presenza antropica nei boschi comporta un aumento delle possibilità di incendi causati dall'uomo, sia per cause dolose che per cause colpose.

Nonostante questi elementi in Veneto si è registrata una diminuzione sia del numero di incendi che della superficie bruciata. Il numero di incendi si è ridotto grazie ad una maggiore consapevolezza, attenzione e rispetto dell'ambiente da parte della popolazione e grazie ad un progressivo abbandono dell'abitudine di bruciare residui agricoli e prati incolti da parte dei contadini.

La superficie bruciata è diminuita grazie all'efficienze e rapidità nello spegnimento degli incendi da parte del sistema Antincendio Boschivo (AIB) Veneto.

Negli ultimi vent'anni si sono registrati cali nell'estensione della superficie bruciata, a parte per alcune annate di disturbo, date da stagioni particolarmente siccitose (2003, 2009, 2012). [9]

Regione del Veneto - Incendi boschivi (1981 - 2020)



3. Interventi

Gli interventi attuati contro gli incendi si dividono in quattro categorie:

- previsione
- prevenzione
- lotta attiva
- bonifica

Previsione

L'attività di previsione consiste nell'individuazione di aree e periodi a rischio incendio boschivo, nonché gli indici di pericolosità elaborati sulla base delle variabili climatiche e vegetazionali, la cui applicazione è determinante per la pianificazione degli interventi di prevenzione e di spegnimento.

L'attività di previsione si avvale delle previsioni delle condizioni di pericolosità e dei conseguenti scenari di rischio oltre che nelle aree boscate e rurali, soprattutto in quelle periurbane. È stato istituito un sistema d'allerta, gestito dal Dipartimento della Protezione Civile, che produce ogni giorno un bollettino di suscettività degli incendi boschivi.

Questi bollettini determinano per ogni provincia tre livelli di pericolosità:

- pericolosità bassa: eventi per cui è sufficiente utilizzare i mezzi ordinari;
- pericolosità media: eventi che devono essere fronteggiati rapidamente ed efficientemente dal sistema di lotta attiva;
- pericolosità alta: gli eventi potrebbero raggiungere entità tali da dover richiedere l'intervento della flotta aerea statale.

Queste previsioni si basano non solo sulle condizioni meteorologiche, ma anche sullo stato della vegetazione, del suolo e del suo uso.

Prevenzione

La prevenzione antincendio consiste nell'organizzazione di azioni mirate a ridurre le cause e il potenziale di innesco d'incendio e interventi atti alla mitigazione dei danni derivanti dall'evento.

L'attività di prevenzione si divide in azioni destinate alla difesa del bosco (di competenza delle Regioni) e destinate alla protezione dell'uomo.

Le azioni preventive destinate alla protezione del bosco si devono basare su un'adeguata pianificazione degli interventi sul territorio. In particolare è necessario porre l'attenzione sull'utilizzo sostenibile delle risorse, sulla regolamentazione dei flussi turistici, sulla manutenzione delle strutture e infrastrutture e su una legislazione attenta a impedire le cause dell'originarsi degli incendi.

Per ridurre al minimo il potenziale di innesco la Regione si deve occupare della manutenzione del bosco tramite opportuni interventi di selvicoltura e manutenzione. Tali interventi includono la riduzione della biomassa particolarmente combustibile e della necromassa, con l'obiettivo di ottenere un soprassuolo forestale misto e strutturato che riduce il rischio incendio.

Le azioni mirate si concentrano su:

- soprassuolo: consistono in diradamenti e/o delimitazione delle zone con viali tagliafuoco;
- sottobosco: sfoltimento ed eliminazione di arbusti;
- strato erbaceo: decespugliamento e ripulita delle scarpate e dei margini stradali e ferroviari.

Dal momento che la maggior parte degli incendi è causata dall'uomo, le azioni di prevenzione svolgono un ruolo di particolare importanza. I canali attraverso cui può avanzare la prevenzione sono: il controllo del territorio tramite azioni di monitoraggio delle diverse attività umane (siano esse produttive o ricreative) e lo svolgimento di attività di informazione e sensibilizzazione.

Lotta attiva

La lotta attiva comprende diverse attività:

- Ricognizione: realizzata con mezzi aerei leggeri e squadre a terra, pone particolare attenzione a obiettivi la cui difesa è prioritaria nei periodi di maggior pericolo.
- Attività di sorveglianza: costituita da squadre addette al controllo del territorio che impiegano sistemi fissi di monitoraggio e una rete di osservazione da vedetta.
- Avvistamento: svolto da squadre a terra, da mezzi aerei o con sistemi automatici (sensore all'infrarosso, telecamere)
- Allarme.

Come previsto dai piani regionali, vengono dislocate squadre di intervento in aree fortemente a rischio formate da addetti specializzati per lo spegnimento.

Lo spegnimento delle fiamme può avvenire tramite procedure condotte da terra o dall'aria, coinvolgendo mezzi aerei in sincronia con le azioni a livello terrestre. Nel caso di un incendio, le prime a intervenire sono le squadre di terra, organizzate dalle Regioni e composte da personale della Regione o, in casi particolari, anche da membri del Corpo Forestale dello Stato, Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, Forze Armate, Forze di Polizia dello Stato e dai volontari antincendio boschivo.

Per domare le fiamme vengono impiegati mezzi e tecniche che interrompono il processo di combustione, mediante la sottrazione di ossigeno o la riduzione della temperatura:

- Se l'incendio è nella sua fase iniziale si interviene direttamente sulle fiamme tramite battitura con attrezzi dedicati, copertura con terra, irrorazione con acqua o con l'uso di prodotti chimici estinguenti o ritardanti.
- Se l'incendio si è esteso viene creata una barriera sgombra di vegetazione di fronte all'incendio (preferibilmente vicino ad

un'interruzione naturale) al fine di ridurre l'intensità delle fiamme e consentire un intervento diretto.

- In taluni casi il Direttore delle Operazioni coordina l'impiego del contro-fuoco in modo che l'arrivo delle fiamme trovi già il terreno bruciato sotto controllo.

Nel caso in cui l'incendio sia troppo vasto per le squadre di terra, il coordinatore delle operazioni di spegnimento può richiedere l'intervento di mezzi aerei appartenenti alle Regioni (elicotteri) e, se necessario, anche della flotta aerea dello Stato, sotto la guida del Centro Operativo Aereo Unificato (Coau).

Le Regioni organizzano l'azione antincendio attraverso il piano regionale e si assicurano del coordinamento tra le proprie strutture antincendio e quelle statali mediante le Soup, Sala Operativa Unificata Permanente. Questa facilita il collegamento e la sincronizzazione tra il livello regionale e quello locale, gestendo l'intervento dei mezzi aerei regionali e la richiesta di supporto aereo da parte delle risorse statali. Durante i periodi a maggior rischio di incendio, le Soup operano in modo continuativo e rimangono in costante collegamento con le strutture operative coinvolte nelle operazioni.

Il Dipartimento di Protezione Civile si impegna a garantire e coordinare su scala nazionale, attraverso il Coau, le operazioni di spegnimento con la flotta aerea antincendio dello Stato.

Il Coau è attivo ininterrottamente 24 ore al giorno, tutto l'anno. In qualità di centro di comando e controllo per tutti i mezzi aerei a disposizione per l'intervento in attività di protezione civile, il Coau pianifica e coordina le attività di volo sia a livello nazionale che internazionale. Nell'ambito dell'azione antincendio boschivo, il Coau mantiene un contatto continuo con le Centrali Operative Regionali (Cor) e le Soup di tutte le Regioni. Per minimizzare il tempo di intervento, è essenziale pianificare attentamente gli spostamenti a terra dei mezzi aerei disponibili. Gli aerei e gli elicotteri antincendio della flotta aerea dello Stato vengono posizionati in modo strategico, tenendo conto delle

zone a rischio e delle condizioni meteorologiche che aumentano il rischio di incendi boschivi. Ogni punto del Paese è raggiungibile entro 60/90 minuti dal momento del decollo.

La campagna antincendio boschivo AIB segue un calendario annuale. Come stabilito dalla legge 152/2005, il Presidente del Consiglio dei Ministri definisce i tempi della campagna AIB invernale ed estiva e rilascia gli orientamenti operativi per adottare tutte le misure necessarie a prevenire e affrontare gli incendi boschivi e di interfaccia. Le direttive, contenute in due documenti separati, sono indirizzate alle Regioni e ai Ministeri dell'Interno, della Difesa, delle Politiche Agricole, dell'Ambiente, delle Infrastrutture e Trasporti e a quello per i rapporti con le Regioni. Annualmente, il Dipartimento della Protezione Civile, in coordinamento con la flotta aerea dello Stato, stabilisce le procedure per la richiesta di supporto aereo da parte delle Regioni e delle Province Autonome. [10]

Bonifica

La primissima bonifica è costituita dal perfetto spegnimento. Spesso le braci e la combustione sotterranea degli apparati radicali originano ripartenze del fuoco, quindi è necessario il controllo di ogni possibile focolaio soprattutto ai margini della superficie bruciata.

Di base i residui legnosi di un popolamento forestale percorso dal fuoco andrebbero rimossi poiché rappresentano un accumulo di massa pericoloso, sia in quanto facilmente combustibile, almeno relativamente al materiale morto non del tutto combusto, sia in quanto favorisce la pullulazione di parassiti animali, come ad esempio gli scolitidi nei boschi di conifere e fitopatie come i marciumi radicali. L'effettuazione dell'intervento di bonifica consiste nelle seguenti azioni: abbattimento, allestimento, concentramento, esbosco, abbruciamento e/o triturazione, spargimento della ramaglia di risulta. La bonifica viene normalmente prescritta per l'autunno del medesimo anno o per la primavera successiva all'incendio.

Varie esperienze indicano che la rinnovazione spesso trae beneficio dal taglio degli alberi morti procrastinato nel tempo: la persistenza di esemplari arborei morti o danneggiati in piedi nelle formazioni mediterranee può agevolare la rinnovazione, soprattutto se viene evitata l'asportazione della frasca con gli strobili.

Non tutte le considerazioni sono comunque a favore di una dilazione temporale della bonifica; esboscare dopo qualche anno i tronchi bruciati può causare danni alla rinnovazione spontanea che nel frattempo si è attivata. Inoltre per alcuni autori la presenza di copertura arborea morta sembrerebbe favorire maggiormente, a lungo andare, lo sviluppo della vegetazione erbacea e arbustiva, risultando indirettamente sfavorevole alla rinnovazione arborea. C'è poi un aspetto per così dire estetico: la persistenza del soprassuolo danneggiato mal si concilia con l'opinione pubblica, che potrebbe equivocarla come un manifesto segno di abbandono e disinteresse da parte dei proprietari e delle autorità competenti.

In sintesi in linea generale gli interventi di bonifica vanno attuati entro la fine del primo inverno successivo all'evento nel caso in cui la rinnovazione sia abbondante e uniformemente distribuita nello spazio, mentre nel caso di basse densità e rinnovazione distribuita conviene posticipare gli interventi alla fine della seconda stagione vegetativa.

Teoricamente, dovrebbero essere lasciati in piedi solamente gli alberi non significativamente danneggiati dal fuoco. In vari casi, però, si tende a rilasciare quante più piante portaseme possibile, anche parzialmente danneggiate, dal momento che costituiscono fonti attive di disseminazione.

In alcuni casi i residui del popolamento percorso dal fuoco possono fornire una certa quantità di prodotti commerciabili: il recupero è in genere possibile se il terreno è facilmente accessibile e la concentrazione di materiale idoneo sufficientemente elevata.

Particolare attenzione va posta ai gruppi di rinnovazione intorno alle ceppaie delle piante madri, che rappresentano i nuclei che

riedificheranno il nuovo soprassuolo: si tratta di semenzali che sono riusciti a germinare sfruttando la copertura dei sopravvissuti e l'umidità presente ai piedi dell'albero. In condizioni di substrato differenti, cioè al di fuori dell'area di incidenza della chioma, potrebbero subire danni.

La ramaglia di risulta viene accumulata in zone idonee e bruciata, e quindi rapidamente mineralizzata. Preferibilmente, ma è un'operazione piuttosto costosa, può essere sminuzzata mediante apposite macchine e recuperata per la produzione di energia, oppure distribuita in situ arricchendo il terreno di sostanza organica e conservandone o migliorandone così le proprietà chimiche e fisiche.

Nel caso il recupero del materiale legnoso comporti uno sforzo economico non conveniente,

La bonifica può avvenire omettendo le operazioni di esbosco e provvedendo all'abbruciamento oppure, preferibilmente, sminuzzando il materiale direttamente in situ.

In altri casi, motivazioni di opportunità colturale o finanziaria possono portare ad un ritardo delle operazioni di bonifica del soprassuolo percorso dalle fiamme o addirittura impedirle per lungo tempo nel caso, frequente, di vincoli burocratico-amministrativi.

In queste situazioni, se dopo qualche anno la rinnovazione naturale risulta ben affermata, l'eventuale prescrizione di un intervento di sgombero potrebbe causare più danni che benefici al nuovo soprassuolo. In questi casi è preferibile un ulteriore rinvio dell'intervento. Appena tecnicamente opportuno, si interverrà con un diradamento selettivo dal basso, contestualmente al quale si potrà procedere, ove necessario, alla bonifica parziale o totale, dei residui dei fusti bruciati rimasti in piedi. [11]

Si approfondiscono due esperienze che riguardano due regioni fortemente colpite dagli incendi, ma diverse dal punto di vista orografico e morfologico: la Toscana e la Sardegna. Queste regioni stanno rispondendo alla crisi provocata dagli incendi con strategie diverse.

Il caso Toscana

Nel 2022 gli incendi sono triplicati rispetto alla media storica, contando un incendio ogni due giorni. Dopo una primavera che si è classificata come la sesta più calda di sempre sul pianeta, le temperature hanno incentivato il moltiplicarsi di roghi dalla Liguria alla Sardegna, dalla Toscana alla Puglia. I terreni sono sempre più aridi nelle aree esposte al divampare delle fiamme e, tra queste, anche tante zone della regione Toscana.

Secondo dati dell'ONU la situazione drammatica è privilegiata dal cambiamento climatico che favorisce incendi più frequenti e intensi, con un aumento globale di quelli estremi fino al 14% entro il 2030 e del 50% entro la fine del secolo.

La Toscana, in particolare la Maremma, sta vivendo un grave problema di incendi: vaste aree di grande valore naturalistico stanno andando distrutte a causa delle fiamme, complice il caldo eccessivo. La sequenza di roghi, alimentati da temperature eccezionalmente elevate, ha provocato danni significativi alla biodiversità, con incendi che si propagano a macchia di leopardo, creando una situazione particolarmente critica. Di fronte a tale emergenza, è imperativo adottare un approccio e una risposta radicalmente diversi al fine di prevenire l'espandersi degli incendi. Ciò implica un potenziamento dei sistemi di monitoraggio e una gestione più efficiente del territorio. Fondamentale è la promozione dell'utilizzo sostenibile delle risorse agro-silvo-pastorali, compensando i servizi ecosistemici al fine di sostenere e rivitalizzare le comunità rurali nelle aree interne e montane, attribuendo loro una rinnovata funzione di presidio territoriale.

Affrontare questa situazione richiede investimenti sostanziali, ricerca avanzata, strumenti e tecnologie all'avanguardia, il tutto integrato in una strategia definita e condivisa con le popolazioni locali e con gli attori interessati. [12]

Il cambiamento climatico in atto, l'ampliamento delle zone di interfaccia urbano-rurale e l'abbandono delle aree agricole stanno contribuendo a creare un quadro di rischio in continua evoluzione e motivo di crescente preoccupazione. Negli ultimi anni, in particolare, l'andamento degli incendi boschivi ha portato l'Organizzazione regionale AIB al limite delle proprie capacità di estinzione: sempre più spesso si è intervenuti in condizioni di simultaneità di eventi, o su incendi caratterizzati da elevata velocità ed intensità, spesso sviluppatisi nelle zone di interfaccia, con conseguenti danni significativi alle strutture e infrastrutture. [13]

Per contrastare questo fenomeno Regione Toscana con la delibera di Giunta d187 del 27 febbraio 2023 ha approvato il Piano Antincendi Boschivi AIB 2023-2025.

Nel nuovo Piano AIB approvato dalla Giunta crescono le risorse a disposizione dell'Organizzazione Antincendi Boschivi. Per il periodo 2023-2025 la Regione ha deciso di aggiungere 1 milione e 100mila euro al contributo erogato nel precedente triennio, risorse che vanno ad aggiungersi al contributo finanziario statale, anch'esso incrementato di circa 4,5 milioni di euro. [14]

Inoltre la Regione ha investito ingenti risorse per mantenere ed aggiornare una complessa macchina organizzativa che opera nella previsione, prevenzione e lotta attiva agli incendi boschivi. In particolare con questo Piano si evidenzia che circa il 40% delle risorse disponibili sono destinate alla prevenzione, consapevoli che questo sia il terreno sul quale è necessario intervenire con maggior forza.

A questo proposito è richiesta una partecipazione attiva da parte delle comunità locali per un'efficace condivisione del rischio ed un coinvolgimento in politiche di auto protezione; ne sono un esempio le tre Comunità Firewise recentemente inaugurate, uniche in Italia, o la Comunità del Bosco del Monte Pisano, nata dopo il devastante incendio di Calci del 2018.

Le Comunità antincendi boschivi (che negli Stati Uniti sono chiamate *firewise*) coinvolgono direttamente i cittadini nella gestione delle attività di prevenzione, perché ogni cittadino assuma piena consapevolezza del livello di rischio presente sul proprio territorio rispetto all'innesco e alla propagazione di un incendio forestale.

Le *firewise* hanno, quindi, un ruolo di protezione attiva dai roghi e si stanno diffondendo in Toscana come risposta fortemente voluta dall'Organizzazione regionale antincendi boschivi che ha messo in atto una serie di misure di prevenzione per ridurre il rischio di dover fronteggiare eventi estremi e fuori dalla capacità di spegnimento delle squadre AIB e della flotta aerea.

L'obiettivo è responsabilizzare in primo luogo i cittadini che risiedono nelle aree chiamate di interfaccia – quelle poste cioè tra l'insediamento urbano e la foresta - sulla necessità di adattare gli spazi intorno ai propri beni immobili per auto proteggersi e aumentare la sicurezza personale e di vicinato.

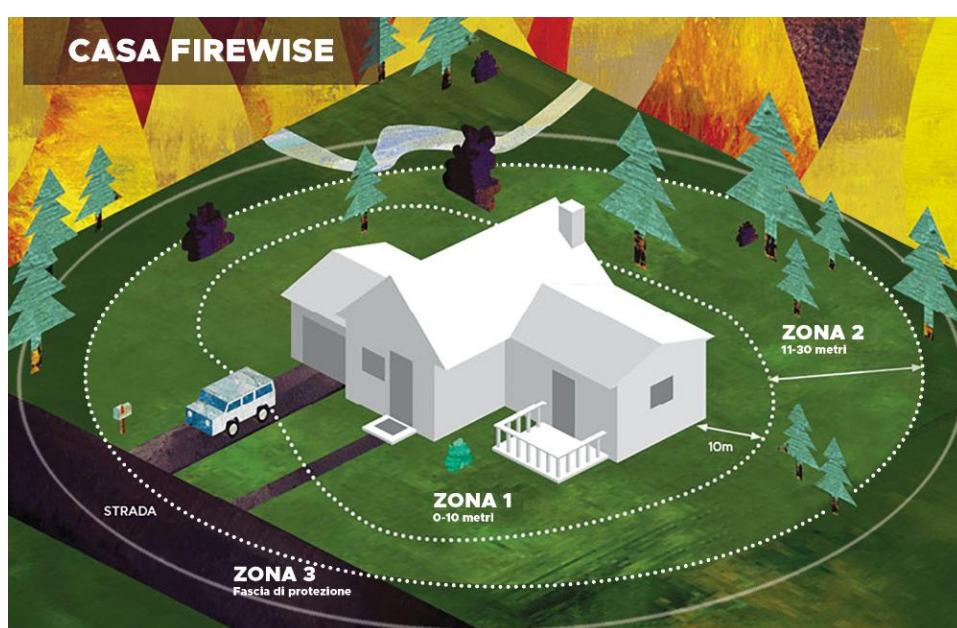
Attraverso le *firewise*, le persone diventano parte attiva nel contrasto agli incendi boschivi: intorno alle proprie strutture/fabbricati creano e mantengono fasce a minor densità di vegetazione con l'obiettivo di ridurre gli effetti di un eventuale passaggio del fuoco.

Auto protezione significa, quindi, condivisione del rischio incendi boschivi che risulta ancor più accresciuto dai cambiamenti climatici in corso, come testimoniano i grandi incendi che negli ultimi anni si sono sviluppati in vaste aree di Paesi tradizionalmente percorsi dal fuoco, ma anche su territori per i quali il problema degli incendi forestali rappresenta un'assoluta novità.

La Comunità *firewise* permette alle persone che vivono nei boschi o nelle loro vicinanze di apprendere il modo migliore per tutelare il patrimonio forestale e insegna a tenere comportamenti corretti in caso di incendio. Si lavora quindi per scongiurare il passaggio del fuoco, ma al tempo stesso per essere pronti, in ogni caso, a fronteggiarlo limitando al minimo le conseguenze.

Regione Toscana ha definito anche delle linee di indirizzo che servono a chiarire il concetto di comunità firewise e le modalità con le quali pubblico, privato ed associazioni di volontariato possono coadiuvarsi per il perseguimento della stessa finalità di prevenzione ed auto protezione dagli incendi boschivi.

L'area che costituisce la firewise si compone dello spazio difensivo (zona 1 e zona 2) e di un'adiacente fascia parafuoco di protezione (zona 3), come di seguito schematizzati.



Compete all'Organizzazione regionale antincendi boschivi, in accordo con le amministrazioni locali, individuare le zone dove attivare queste Comunità, in funzione del rischio incendi presente sul territorio. Partecipano alla *firewise* i privati cittadini, le associazioni di volontariato AIB, il Comune e l'ente competente sul territorio per quanto riguarda la funzione antincendi boschivi.

Ciascuno dei suddetti soggetti ha il proprio compito:

- Privati cittadini: impegnarsi a realizzare e mantenere nel tempo lo spazio difensivo intorno ai propri beni.

- Associazioni del volontariato AIB: partecipano con i propri soci e i propri mezzi alla realizzazione e al mantenimento della *firewise*;
- Comune: promuove e approva la costituzione e il mantenimento della Comunità;
- Ente competente: redige la necessaria progettazione tecnica per la creazione e il mantenimento della *firewise* e si impegna a realizzare e mantenere la fascia di protezione circostante lo spazio difensivo;
- Regione Toscana: si impegna a coordinare il progetto e programmare i lavori della *Firewise*.

In seguito alle opportune verifiche, Regione Toscana inserisce la *firewise* in un apposito elenco pubblicato sul sito istituzionale e nel geoportale regionale e comunica all'associazione *National Fire Protection Association* (NFPA) la costituzione della Comunità; fornisce, infine, all'Ente competente il logo *firewise*, usato a fini comunicativi.

Sono state definite, inoltre, le norme tecniche che devono regolare la realizzazione e la gestione dello spazio difensivo.

Nel 2021 sono state individuate in Toscana le prime quattro zone dove si intende realizzare tali comunità e le relative forme di gestione, le risorse economiche necessarie (sia pubbliche che private).

Si tratta delle *Firewise* di: Villana nel comune di Calci (Pisa), Via Crucis / Pereto nel comune di Vicopisano (Pisa), Poggio alle Trince nel comune di Castiglione della Pescaia (Grosseto), Portiglioni nel comune di Scarlino (Grosseto).

Nell'ottica di diffondere la cultura dell'autoprotezione, è stato formulato un approccio volto a definire i necessari percorsi comunicativi ed educativi rivolti sia alla popolazione che alle istituzioni, agli amministratori e agli operai volontari AIB. A tale scopo è stato concepito un logo identificativo per la Comunità *firewise* Toscana, destinato a essere utilizzato su scala regionale e locale.

All'interno del contesto specifico della nascente comunità, è prevista l'organizzazione di un'assemblea pubblica, delineata come il primo momento di condivisione del percorso finalizzato alla sua costituzione. I cittadini residenti sono invitati a partecipare al dialogo. Durante l'assemblea, verranno presentati i contenuti e gli obiettivi dell'azione intrapresa, mirando a coinvolgere attivamente la comunità locale nella promozione dell'autoprotezione. [15]



Figura 5: logo comunità Firewise.

Al fine di affrontare le criticità connesse agli incendi boschivi, Anci Toscana e Regione Toscana promuovono l'applicazione "Cittadino Informato". Questa applicazione, dotata di diversi servizi, fornisce informazioni sul rischio di sviluppo e propagazione degli incendi, basandosi sul "Bollettino incendi boschivi" emanato dalla Regione Toscana. I livelli di rischio sono identificati per ciascun Comune mediante appositi codici colore già in uso per la Protezione Civile: basso (verde), medio (giallo), alto (arancio), molto alto (rosso).

La sensibilizzazione dei cittadini riveste un ruolo cruciale al fine di prevenire comportamenti potenzialmente pericolosi, specialmente nelle aree boschive e rurali. "Cittadino Informato" rappresenta lo strumento unico che consente di ricevere notifiche su comunicazioni di pubblica utilità a livello comunale direttamente su smartphone o tablet. [16]

Il caso Sardegna

L'Amministrazione regionale si è orientata verso la previsione degli incendi in modo da poter attuare sistemi di rapido intervento

localizzandoli nelle zone a maggior rischio, dove far convergere maggiori risorse.

Con l'attività di previsione del pericolo di incendio si valuta giornalmente la probabilità che un incendio si possa innescare e propagare più o meno rapidamente in un determinato territorio a causa delle specifiche condizioni meteorologiche desunte dalla previsione.

La pericolosità di incendi boschivi esprime la possibilità del manifestarsi di questo tipo di eventi unitamente alla difficoltà di estinzione degli stessi, in una data porzione di territorio.

L'attività previsionale compete al Centro Funzionale Decentrato (CFD) della Direzione generale della Protezione civile area idro/effetti a terra e viene svolta, ordinariamente dal 15 maggio al 30 ottobre, mentre il periodo in cui vige lo stato di “elevato pericolo di incendi boschivi” va dal 1° giugno al 30 ottobre.

Al fine di supportare l'attività di valutazione dei livelli di pericolosità in ciascuna zona di allerta, il CFD si avvale di diversi modelli.

Il primo modello è stato elaborato dal Dipartimento di Economia e Sistemi Arborei della Facoltà di Agraria dell'Università di Sassari (attualmente denominato DIPNET Dipartimento di Scienze della Natura e del Territorio). Il modello, chiamato IFI (Ichnusa Fire Index) stima la pericolosità potenziale di incendio boschivo in funzione delle condizioni meteorologiche e vegetazionali. Per quanto riguarda i dati prognostici delle variabili meteo, il modello usa i dati del modello meteorologico BOLAM (Bologna Limited Area Model), forniti quotidianamente dall'area meteo del Centro Funzionale (Arpas Sardegna - Dipartimento meteorologico).

L'IFI è strutturato in quattro moduli: Drough Code (stima il bilancio idrico del suolo) Fuel Code (descrive la struttura della vegetazione e lo stato idrico), Meteo Code (che descrive le condizioni meteorologiche), e un quarto modulo che è funzione della radiazione

solare. Il modello è stato testato, calibrato e validato con i dati storici meteorologici e degli incendi registrati nelle annate precedenti.

Il secondo modello, denominato RISICO (RISchio Incendi COordinamento), è utilizzato dal Dipartimento Nazionale di Protezione Civile dal 2003 per la valutazione del pericolo di incendi boschivi a scala nazionale, in funzione dell'individuazione delle priorità di dislocamento dei mezzi aerei dello Stato per lo spegnimento.

Questo modello, che è stato utilizzato ed adattato alla scala regionale, utilizza una rappresentazione della copertura vegetale al suolo con risoluzione 100 m (carta d'uso del suolo della regione Sardegna ed. 2008) con dettaglio al IV livello.

Al fine di consentire la valutazione della pericolosità è stato implementato un flusso comunicativo tra l'area meteo e quello idro del CFD. Si riportano di seguito i passaggi previsti dal Piano Regionale:

“trasmissione giornaliera, ordinariamente entro le ore 9:30 GMT (11:30 locali con ora legale), della “probabilità” di temperatura massima superiore a 30 °C e/o, su valutazione del meteorologo, a 40 °C per ciascuno degli otto giorni successivi in corrispondenza delle stazioni meteo ARPAS disponibili;

invio giornaliero, ordinariamente entro le ore 2:15 GMT (4:15 locali con ora legale), dei dati BoLAM necessari all'inizializzazione del modello Ichnusa Fire Index (IFI) per la previsione per il giorno successivo a quello di invio;

l'invio quotidiano, ordinariamente entro le ore 9.30 GMT (11:30 locali con ora legale), delle rappresentazioni grafiche degli output del modello di previsione pericolo incendi (IMI) elaborato a livello sperimentale da ARPAS;

invio quotidiano, ordinariamente entro le ore 9:30 GMT (11:30 locali con ora legale), delle previsioni dei modelli ECMWF (European Center for Medium range Weather Forecast), BoLAM, e WRF (Weather Research and Forecasting), in forma di campi numerici e/o di rappresentazioni grafiche relativamente al campo di Vento a 10 m e/o al

campo di Temperatura a 2m e/o al campo di Umidità relativa a 2m e/o al campo di Radiazione solare globale e/o al campo di Precipitazione;

supporto quotidiano telefonico al fine di fornire dati ed informazioni interpretative sulle principali variabili meteorologiche necessarie alla redazione del bollettino di previsione del pericolo di incendio;

trasmissione con cadenza calendarizzata del bollettino sullo stato della vegetazione, basata sull'indice NDVI elaborato dal MODIS dei sistemi tele-rilevati NASA. L'elaborazione sarà messa a disposizione della Protezione Civile in formato GIS, e conterrà i seguenti strati informativi: NDVI; l'hillshade della Sardegna; mappa Corine Land Cover al III livello di dettaglio. Il prodotto sarà accompagnato da un commento scritto il giorno dell'emissione.” [17]

La valutazione conclusiva della pericolosità tiene in considerazione l'analisi delle informazioni relative alle variabili meteorologiche e agli output dei modelli. Al fine di delineare con precisione il rischio di incendi boschivi per la tutela delle aree forestali, diventa essenziale acquisire informazioni sempre più dettagliate sulla distribuzione spaziale di tali aree e degli elementi antropici presenti.

La definizione delle aree di rischio incendio emerge come priorità nell'ambito della pianificazione attenta delle risorse antincendio disponibili per prevenire e contrastare fenomeni sempre più incidenti su ambiente e incolumità umana. Sfruttando i progressi tecnologici, si sono introdotti elementi innovativi, come le carte dell'uso del suolo aggiornate e numerosi strati (*layers*) informativi per una definizione spaziale più accurata.

Lo “Schema di Piano AIB per la programmazione delle attività di precisione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi nei parchi nazionali” e il relativo manuale, redatti dalla Direzione per la protezione della natura e del mare del ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, con il contributo scientifico

dell'Accademia italiana di Scienze Forestali, hanno costituito il riferimento per la procedura di definizione del rischio boschivo.

Con la Decisione CEE n.1619 del 24.06.1993, sono stati approvati gli elenchi delle zone ad alto e medio rischio di incendi forestali, comunicati da Grecia, Spagna, Francia, Italia e Portogallo. Pertanto, si osserva che l'indice di rischio di incendio forestale, classificato secondo l'art. 2, paragrafo 5 del regolamento CEE numero 2158/92, colloca tutte le province della regione Sardegna come zone ad alto rischio, identificate come aree in cui il rischio permanente o ciclico di incendio minaccia gravemente l'equilibrio ecologico, la sicurezza delle persone e dei beni, o contribuisce all'accelerazione dei processi di desertificazione delle superfici rurali.

Gli indici di pericolosità e rischio comunale definiscono il grado di pericolo e rischio di incendio calcolato, rispettivamente, su base regionale e su ciascun territorio comunale. La metodologia di calcolo adottata in questo piano si avvale di strumenti GIS, permettendo un'analisi accurata e dettagliata della distribuzione spaziale delle variabili coinvolte nella valutazione del rischio di incendi boschivi.

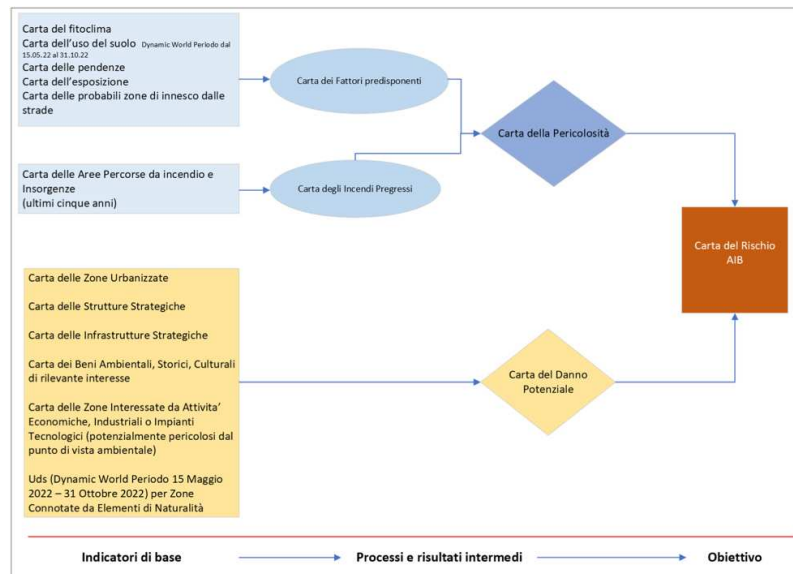
L'indice regionale (IR) viene calcolato utilizzando funzioni tipiche degli strumenti GIS, in cui le statistiche zonali sono applicate ai valori raggruppati secondo gli indici assegnati alle classi individuate nelle carte di rischio e pericolo. La determinazione dei valori delle classi di pericolo avviene attraverso la classificazione del valore attribuito al pixel mediante la deviazione standard, mentre le classi di rischio sono individuate mediante un metodo spiegato successivamente in modo più dettagliato.

Il rischio di incendio boschivo si intende come legame di due componenti che caratterizzano il territorio:

La pericolosità che esprime la probabilità che si verifichi un incendio unitamente alla difficoltà di estinzione dello stesso.

La gravità o danno potenziale che esprime le conseguenze che derivano agli ecosistemi naturali e alle infrastrutture.

Per ottenere una visione di insieme riguardo agli elaborati cartografici da produrre si segue uno schema logico sequenziale della cartografia tematica AIB. L'impiego delle carte utilizzate in input dallo schema è indispensabile poiché fornisce una descrizione accurata del territorio in ogni suo aspetto. [18]



Le elaborazioni sono state fatte tenendo conto di una risoluzione minima rapportabile all'ettaro quindi si è dato per assunto che un pixel sia di dimensioni 100 x 100 m.

Tramite l'impiego di strumenti GIS, è possibile far interagire e confrontare i diversi layer informativi, in modo da ottenere un grado di pericolosità per ogni pixel.

La pericolosità su un determinato territorio esprime la possibilità di manifestarsi di incendi unitamente alla difficoltà di estinzione degli stessi. Questa variabile somma la carta della probabilità di incendio, calcolata sulla base dei fattori predisponenti e che tiene conto delle caratteristiche fisiche e biotiche del territorio (esposizione, pendenza, fitoclima, vegetazione, probabilità di innesco) con la carta degli incendi progressi, che esprime sinteticamente la frequenza e la probabilità di incendio su base statistica.

Si otterrà la Carta della pericolosità a seguito della sovrapposizione fra dati in formato raster delle seguenti carte:

Carta della probabilità sulla base dei fattori predisponenti;

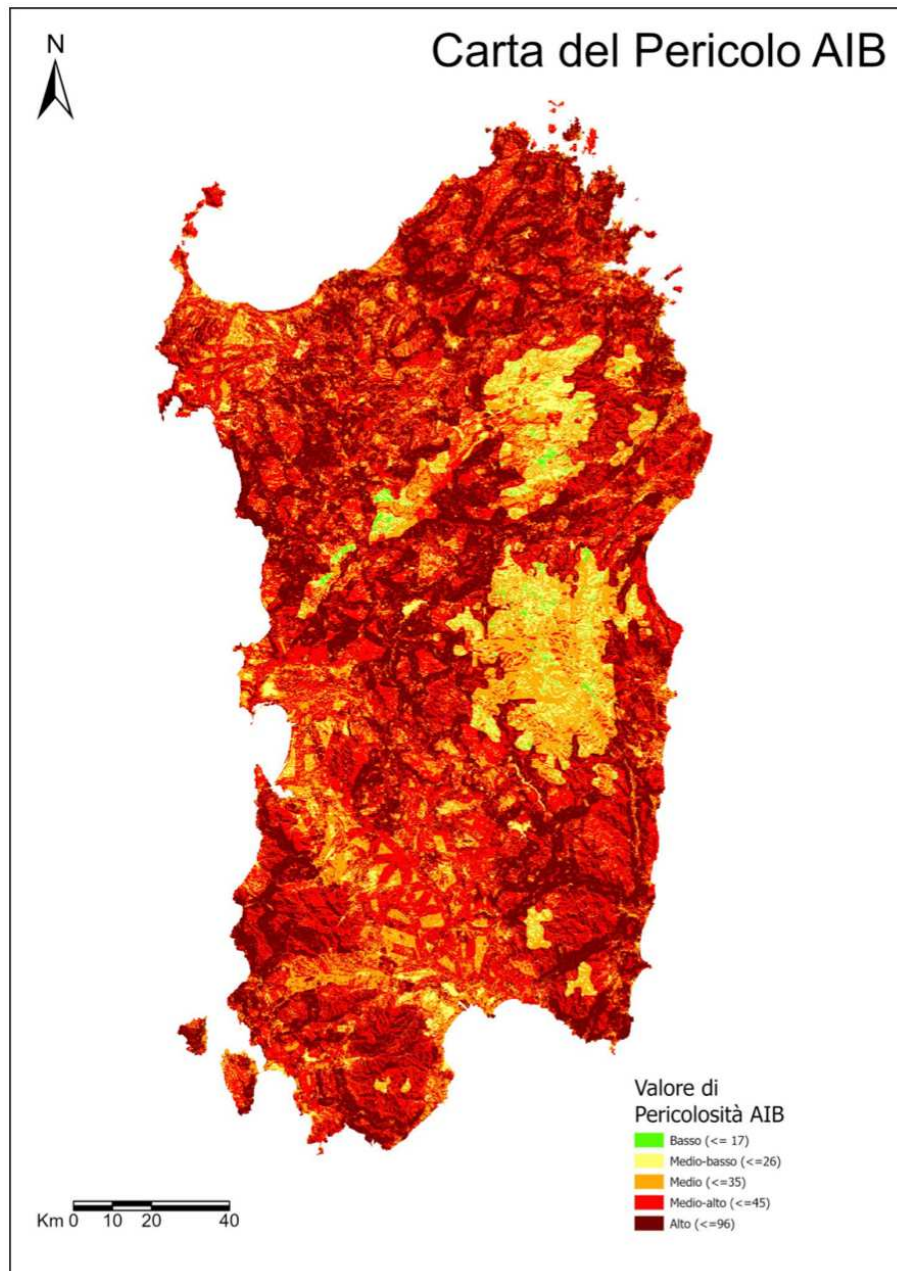
Carta degli incendi pregressi

Per determinare i fattori predisponenti e le caratteristiche intrinseche del territorio, i fattori determinanti che sono stati considerati sono: la topografia (pendenza ed esposizione), la vegetazione (considerata nell'arco temporale della stagione dell'antincendio boschivo), le condizioni meteorologiche (fitoclima). Tali carte sono state create con dimensione del pixel con scala 100 x 100 m. Questo per creare una carta del rischio statico che sia indicativa per la Regione Sardegna oggetto di studio. Per quanto riguarda la scala locale sarà preferibile scegliere pixel con scala 10x10 m o 30x30m.

Questa operazione permette di definire la carta della pericolosità, con valori che vanno da 0 a 100, e che fanno riferimento a quelli definiti nel “Manuale tecnico di pianificazione antincendi boschivi nei parchi nazionali” elaborato dal Ministero dell’Ambiente.

La carta della pericolosità viene riclassificata in 5 classi di pericolosità.

Indice	Classe di pericolosità	Valori di pericolosità a scala regionale
1	Bassa	< 17
2	Medio bassa	< 26
3	Media	< 35
4	Alta	< 45
5	Molto Alta	< 96



Il controllo delle misure preventive, dei divieti e delle attività autorizzate spetta al Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale, che può sanzionare i trasgressori con somme da 5.000 a 50.000 euro. Come nel piano del 2022, le sanzioni non riguardano solamente le azioni determinanti un rischio incendio, ma anche quelle che potenzialmente potrebbero determinare un innesco.

Per quanto riguarda le attività di prevenzione, i Comuni sprovvisti di piano comunale di protezione civile possono usufruire di risorse dalle

Organizzazioni di Volontariato e dalle Compagnie Barracellari (istituzione pubblica tipica della regione Sardegna). [19]

Una applicazione rigorosa e sistematica su tutto il territorio regionale delle norme e delle procedure sopra riportate avrà come effetto non solo la limitazione del numero di incendi, ma anche il loro rapido spegnimento con una conseguente riduzione del danno.

4. Riferimenti alle norme sull'uso dei terreni percorsi da fuoco

L'estate del 2021 è stata segnata da una grave emergenza ambientale: i grandi incendi sono cresciuti del 256% (stima Coldiretti), devastando decine di migliaia di ettari di bosco, macchia mediterranea, terreni agricoli e pascoli in diverse regioni d'Italia. [20]

La gravità della situazione ha creato la necessità al legislatore di individuare nuove misure per riuscire ad arginare e prevenire il problema con maggiore efficacia. Tali misure consistono nel d.l. n. 120 dell'8 settembre 2021 "recante disposizioni per il contrasto degli incendi boschivi e altre misure urgenti di protezione civile", poi convertito con alcune modifiche nella legge 8 novembre 2021, n. 155. Tra queste misure alcune modifiche al codice penale che incidono direttamente sul testo dell'art. 423-*bis* c.p., che sanziona il delitto di incendio boschivo con la rideterminazione delle pene che vanno da un minimo di 4 anni ad un massimo di 10 anni di reclusione.

Se l'incendio è cagionato per colpa la pena è della reclusione da 1 a 5 anni. Tali pene vengono aumentate della metà se dall'incendio deriva un danno grave, esteso e persistente all'ambiente. La legge prevede, inoltre, una serie di sanzioni per diversi casi di violazione ai divieti di attività sulle aree percorse dal fuoco.

Tutti i vincoli appaiono essenziali per prevenire quegli incendi provocati con dolo per perseguire interessi specifici.

La responsabilità di pianificare attività di previsione e prevenzione è affidata alle Regioni, che nonostante gli sforzi per adottare piani altamente efficaci, talvolta si trovano incapaci di impedire lo scoppio degli incendi.

Poiché non sempre gli incendi boschivi sono causati da eventi naturali, anzi, spesso sono dolosi, per evitare attività incendiarie a scopo di speculazione edilizia o la ricerca di altri interessi, il legislatore ha inserito nel corpo della legge vincoli tassativi alle attività di godimento e di utilizzazione delle aree percorse dal fuoco.

Tra i vincoli si includono:

- Divieto di mutare, per almeno quindici anni, la destinazione d'uso della zona interessata dall'incendio, rispetto all'utilizzazione urbanistica antecedente l'evento combustivo.

L'unica accezione a questo divieto è concessa per la realizzazione di opere pubbliche indispensabili per garantire la sicurezza pubblica e la tutela dell'ambiente.

Il fine di tale vincolo temporale è stato proprio quello di permettere alla zona boschiva percorsa dalle fiamme, di ripristinare le caratteristiche antecedenti l'incendio, proprio perché si è di fronte ad una trasformazione soltanto temporanea, sebbene tale temporaneità sia di lunga durata.

- Obbligatorietà di richiamare espressamente il vincolo di cui sopra, pena la nullità dell'atto.

Tale onere può essere considerato ostacolo alla commercializzazione. L'obbligo di menzionare ha la sua ragione nella necessità di armonizzare la protezione costituzionale del patrimonio boschivo e paesaggistico con la circolazione informata dell'area. Risponde inoltre al principio di buona fede nella stipula del contratto e all'obbligo di informare l'altra parte delle eventuali cause di invalidità del contratto.

- Divieto decennale di realizzare edifici, strutture e infrastrutture finalizzate ad insediamenti civili ed attività produttive.

In questo vincolo rientrano sia le opere sui soprassuoli, che quelle interessanti il sottosuolo. Questo divieto non è efficace nel caso in cui, prima che si verificasse l'incendio, era già stata ottenuta l'autorizzazione o la concessione per la realizzazione dell'opera.

- Ulteriore divieto è quello quinquennale di esercitare sui soprassuoli attività di rimboschimento e di ingegneria ambientale sostenute con risorse finanziarie pubbliche.

È una proibizione relativa e non assoluta, dal momento che è legata all'origine dei fondi destinati per l'intervento. Il divieto diventa

superfluo anche nel caso di dissesto idrogeologico o nelle zone in cui sia impellente il bisogno di tutelare il patrimonio ambientale e paesaggistico.

- Divieto decennale di pascolo e caccia sul soprassuolo delle zone boscate percorse dal fuoco.

Si tratta di inibire attività puramente materiali la cui trasgressione comporta una sanzione amministrativa pecuniaria.

- Ultimo divieto presente nell'articolo 10 comma 5 è quello inerente alle azioni che anche solo potenzialmente potrebbero causare un incendio, limitatamente alle aree e ai periodi di rischio.

Le Regioni predispongono piani regionali che, annualmente e a seconda della morfologia del territorio, individuano quelle azioni che potrebbero innescare incendi nelle aree a rischio, a loro volta rappresentate con apposita cartografia tematica, e nei periodi a rischio, con l'indicazione dei dati anemologici e dell'esposizione ai venti.

Questo divieto non è temporalmente definito e uguale su tutto il territorio nazionale, ma può variare da regione a regione dal momento che ognuna è diversa per clima e territorio.

In conclusione, possiamo affermare che nonostante l'impegno legislativo nel mettere in atto misure per contrastare gli incendi boschivi, persiste un elemento di imprevedibilità che continua a influire in modo significativo. Tale aspetto richiede ulteriori studi mirati e finalizzati a limitarne al massimo gli effetti. [21]

5. Conclusioni

I cambiamenti climatici che riguardano il nostro Pianeta trovano origine, secondo un giudizio quasi unanime della comunità scientifica, nell'effetto serra provocato dai gas emessi dalle attività umane. Il gas più abbondante tra questi è l'anidride carbonica.

Si rendono necessarie e urgenti due categorie di azioni: diminuire l'emissione di gas serra e catturare la maggior quantità possibile di CO₂ attualmente presente in atmosfera. Per questa seconda azione l'uomo non ha ancora inventato alcun sistema; l'unica "macchina" in grado di fare questo è la foresta. Ne deriva che gli incendi boschivi arrecano un grave danno al Pianeta perché da una parte causano emissioni di gas serra e dall'altra distruggono un organismo in grado di catturare e "tenere prigioniera" nei tessuti legnosi una grande quantità di CO₂.

Diminuire l'impatto degli incendi boschivi è dunque una priorità. Nel presente lavoro si prende in esame una vasta area colpita dagli incendi, il Bacino del Mediterraneo, indicando le cause del fenomeno, le conseguenze e alcune iniziative per rendere più efficaci gli interventi di controllo e di spegnimento.

Alcune nazioni sono particolarmente colpite da frequenti incendi boschivi: Spagna, Portogallo, Grecia, Turchia, Francia e Italia. Ognuna organizza il sistema di controllo del fenomeno in modo diverso. Per l'Italia, partendo dallo stato delle foreste, si analizzano i contenuti della legge fondamentale, la numero 353 del 2000, il ruolo della Protezione Civile e le iniziative delle regioni.

Un'attenzione particolare viene dedicata a recenti e innovative linee guida attuate da una parte dalla Regione Toscana, dove si privilegia la prevenzione da affidare ai cittadini, e dall'altra dalla Regione Sardegna, dove si sviluppa un sistema di previsione basato sullo studio attento del territorio, del clima e degli eventi pregressi.

L'aumento delle temperature, legato ai cambiamenti climatici, fa aumentare la probabilità di innesco degli incendi boschivi, quindi si rende necessaria una applicazione rigorosa e sistematica su tutto il

territorio delle norme in vigore. A questa va affiancata l'attuazione di tutte le procedure mirate a prevenire gli inneschi e, una volta scoppiato l'incendio, a rendere più rapidi gli interventi di spegnimento.

La rapidità degli interventi rimane uno degli elementi più importanti di tutta la strategia. Il caso del Veneto, dove il numero di incendi e soprattutto l'estensione delle superfici bruciate sono diminuiti, sta a dimostrare che l'organizzazione di squadre locali di Protezione Civile Antincendi Boschivi, nate già negli anni '80 del secolo scorso, si è dimostrata un'arma efficace. Queste squadre fin dall'inizio sono state dotate di automezzi, reti radio, vestiario idoneo, sedi dove riunirsi e protocolli chiari per gestire gli interventi. Hanno dimostrato, essendo organizzazioni legate al territorio, di sapersi muovere con precisione e soprattutto di arrivare con rapidità sul fronte dell'incendio e, spesso, di impedirne la propagazione.

Un altro aspetto rilevante è rappresentato dall'attività della Polizia Giudiziaria. Sempre in riferimento alla Regione Veneto, è rimasto esemplare il caso della provincia di Vicenza: dopo due arresti seguiti da condanne penali di due incendiari (anno 2000) per opera del Corpo Forestale dello Stato, gli incendi sono passati da circa 70 all'anno a circa 3 all'anno. Anche sui Colli Euganei in provincia di Padova l'arresto di un incendiario, individuato grazie all'impiego di video trappole, ha posto fine a una serie pericolosa di incendi dolosi.

Come sopra riportato la maggioranza degli incendi ha cause dolose o colpose. Ne deriva che su tutto il territorio nazionale andrebbe potenziata l'attività investigativa. Infatti, ogni volta che un incendiario viene individuato, non solo viene reso inoffensivo, ma la notizia scoraggia casi di emulazione.

Bibliografia

- [1] Climate Change Service, «Wildfires,» Copernicus, 2021. [Online]. Available: [https://climate.copernicus.eu/esotc/2021/wildfires#:~:text=2020%20reference%20period,-,Data%20source%3A%20FWI%20based%20on%20ERA5,Credit%3A%20Copernicus%20EMS%2FECMWF.&text=The%20main%20fire%20season%20in,in%20September%20\(Figure%201\)..](https://climate.copernicus.eu/esotc/2021/wildfires#:~:text=2020%20reference%20period,-,Data%20source%3A%20FWI%20based%20on%20ERA5,Credit%3A%20Copernicus%20EMS%2FECMWF.&text=The%20main%20fire%20season%20in,in%20September%20(Figure%201)..) [Consultato il giorno 25 10 2023].
- [2] L. Gallucci, «Mega incendi e microrganismi pirofili,» 21 05 2022. [Online]. Available: <https://www.microbiologiaitalia.it/batteriologia/mega-incendi-e-microrganismi-pirofili/>. [Consultato il giorno 02 10 2023].
- [3] A. Pollutri, E. Nevola, «SPEGNERE OGGI GLI INCENDI DI DOMANI. Da gestione dell'emergenza a gestione e prevenzione del rischio,» WWF Italia, 2022.
- [4] F. Barbera et al., «La bioeconomia delle foreste,» Legambiente, 2021.
- [5] F. Assenato et al., «TERRITORIO. Processi e trasformazioni in Italia,» ISPRA, 2018.
- [6] Sistema Integrato di Protezione Civile, «Le cause degli incendi boschivi,» 2001.
- [7] D. de Rigo et al., «Forest fire danger extremes in Europe under climate change: variability and uncertainty,» 2017.
- [8] J. V. Morris, M. Marchetti, L. Sallustio, D. Ascoli, «Land use change towards forests and wooded land correlates with large and frequent wildfires in Italy,» Annals of Silvicultural Research, 2021.
- [9] Regione del Veneto, «Gli incendi,» 12 03 2021. [Online]. Available: <https://www.regione.veneto.it/web/protezione-civile/gli-incendi>. [Consultato il giorno 05 11 2023].
- [10] Dipartimento di Protezione Civile, «Rischio incendi boschivi. Il fenomeno,» [Online]. Available: <https://rischi.protezionecivile.gov.it/it/incendi-boschivi/incendio-boschivo/>. [Consultato il giorno 11 10 2023].
- [11] R. Bertani et al., «INCENDI E COMPLESSITÀ ECOSISTEMICA Dalla pianificazione forestale al recupero ambientale,» Carlo Blasi, Giovanni Bovio, Piermaria Corona, Marco Marchetti, Antonio Maturani , 2004.
- [12] GreenReport, «Toscana in fumo. Legambiente: situazione incendi grave. Occorre un radicale cambio di approccio e di risposta,» 04 08 2022. [Online]. Available: <https://greenreport.it/news/clima/toscana-in-fumo-legambiente-situazione-incendi-grave-occorre-un-radicale-cambio-di-approccio-e-di-risposta/>. [Consultato il giorno 31 10 2023].
- [13] Regione Toscana, «Piano AIB 2023-2025,» 2023.

- [14] Regione Toscana, «AIB antincendi boschivi,» 14 04 2023. [Online]. Available: <https://www.regione.toscana.it/-/piano-antincendi-boschivi-2023-2025>. [Consultato il giorno 30 10 2023].
- [15] Regione Toscana, «Firewise - Comunità antincendi boschivi,» 20 03 2023. [Online]. Available: <https://www.regione.toscana.it/firewise-comunità-antincendi-boschivi>. [Consultato il giorno 01 11 2023].
- [16] Anci Toscana, «Rischio incendi in Toscana: cittadini più informati e più consapevoli,» 29 06 2022. [Online]. Available: <https://ancitoscana.it/opere-pubbliche/4022-rischio-incendio-in-toscana-cittadini-piu-informati-e-piu-consapevoli.html#:~:text=Per%20far%20fronte%20alle%20criticità,europea%20Interreg%20Italia%20%2D%20Francia%20Marittimo..> [Consultato il giorno 01 11 2023].
- [17] Regione Autonoma della Sardegna, «PIANO REGIONALE DI PREVISIONE, PREVENZIONE E LOTTA ATTIVA CONTRO GLI INCENDI BOSCHIVI 2023-2025,» 2023.
- [18] Regione Autonoma della Sardegna, «STUDIO SUL RISCHIO ANTINCENDIO BOSCHIVO,» 2023.
- [19] Regione Autonoma della Sardegna, «Prescrizioni Regionali Antincendio 2023/2025,» Sardegna Corpo Forestale, 2023. [Online]. Available: <https://www.sardegnaambiente.it/index.php?xsl=612&s=450124&v=2&c=4577&t=1>. [Consultato il giorno 10 28 2023].
- [20] ANSA, «Incendi: + 256% di roghi nell'estate 2021, danni per 1 miliardo,» ANSA, 17 08 2021. [Online]. Available: https://www.ansa.it/canale_terraegusto/notizie/in_breve/2021/08/17/incendi-256-di-roghi-nellestate-2021-danni-per-1-mld_cff80a97-03fa-4b5f-beb6-d71a1d94cf0a.html. [Consultato il giorno 25 10 2023].
- [21] [Online]. Available: <https://www.ambientediritto.it/dottrina/la-disciplina-vincolistica-delle-terre-percorse-dal-fuoco/>.