

# Pianificazione antincendio nell'interfaccia urbano-rurale in ambiente GIS open source: il caso studio della Regione Puglia

di Gabriele Nolè, Antonio Lanorte, Giuseppe Cillis, Francesco Ronco, Lucio Pirone

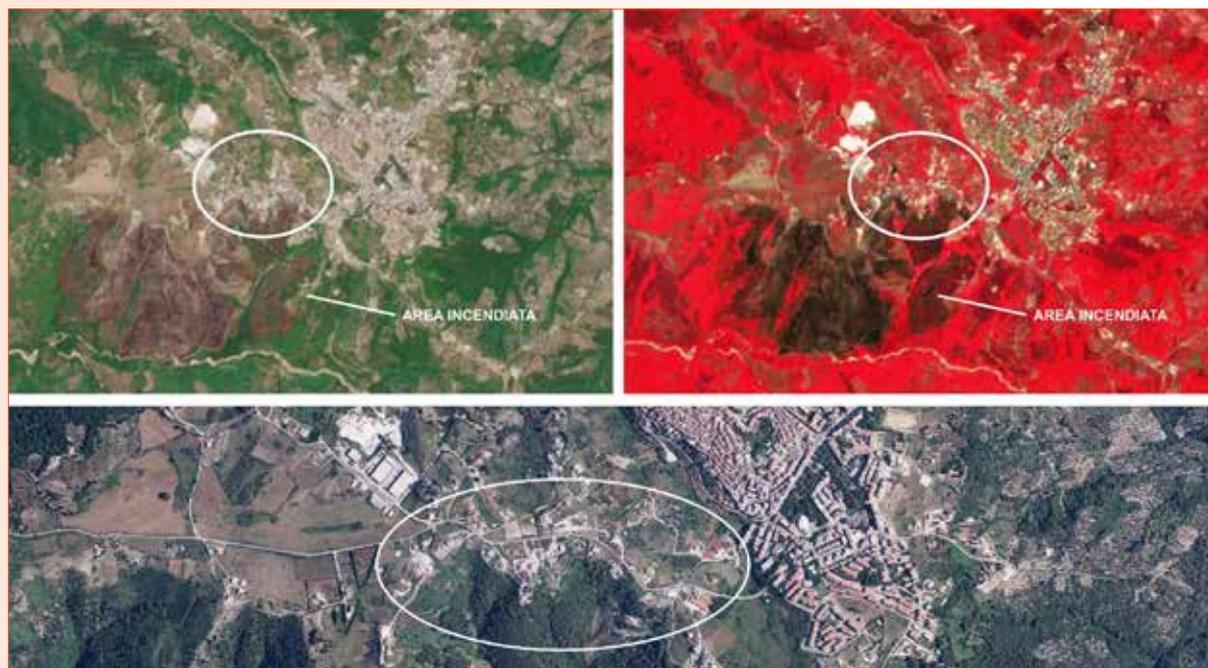


Fig. 1 - Incendio del 13-14 Luglio 2021 a Vico del Gargano. Elaborazione immagine Sentinel L2A del 21/07/2021 in RGB e infrarosso con evidenziata una parte della zona di interfaccia a contatto con l'area incendiata. Dalle due immagini si può notare l'incendio a sud dell'area abitata e la prossimità con lo stesso (immagine con ortofoto).

**Le zone di interfaccia urbano-rurale, dove le strutture antropiche confinano con le aree naturali o seminaturali, sono particolarmente vulnerabili agli incendi, rappresentando una minaccia per persone, edifici e infrastrutture.**

**Queste aree richiedono interventi pianificatori specifici. Nel 2007, dopo una stagione estiva caratterizzata da numerosi incendi che hanno colpito in particolare le aree di interfaccia, il Dipartimento della Protezione Civile Nazionale ha elaborato le linee guida per affrontare il rischio incendi in queste aree a scala comunale. Tali linee guida rappresentano il riferimento per la metodologia che viene presentata in questo articolo.**

La lotta agli incendi di vegetazione rappresenta una delle principali sfide degli ultimi decenni, poiché i cambiamenti climatici e l'abbandono delle aree rurali in Europa, stanno rendendo gli eventi più frequenti e ogni anno vengono colpite sempre più zone che in passato non erano considerate aree a rischio. Il 2023 è risultato uno dei peggiori in Europa visto che sono andati in fumo poco più di mezzo milioni di ettari di territorio. In Italia si è riscontrato un aumento del +36% rispetto al 2022; è stata colpita da incendi boschivi per una superficie complessiva di 1073 km<sup>2</sup>. Di questi, circa il 14% erano rappresentati da habitat terrestri forestali (ISPRA, 2024).

Inoltre, particolarmente nei paesi mediterranei, hanno assunto notevole importanza le aree di interfaccia urbano-rurale, dove la vulnerabilità agli incendi di vegetazione negli ultimi anni è aumentata a causa della rapida urbanizzazione e della contiguità di aree antropizzate con aree naturali e seminaturali in cui si riscontra un aumento di biomassa. Tutto ciò sottolinea l'importanza di un approccio integrato nella gestione del rischio in queste aree (Darques, 2015). Una gestione efficiente delle fasi di previsione, prevenzione, lotta attiva e post incendio, è essenziale per rendere i territori meno vulnerabili e ridurre gli impatti sulle vite umane. Queste fasi richiedono una strategia sistemica per rendere più funzionale a finalità operative la gestione del fenomeno.

In questo contesto lo studio illustra le metodologie speditive e standardizzate, proposte in un progetto di ricerca del CNR-IMAA con la Protezione Civile della Regione Puglia, al fine di implementare tecniche e metodi per migliorare la mappatura del rischio a scala comunale nell'interfaccia urbano-rurale. L'analisi della vulnerabilità agli incendi nelle aree di interfaccia richiede l'uso di metodologie avanzate di valutazione multicriterio, come dimostrato da diversi autori tra cui Andersen e Sug (2019), che hanno applicato un approccio simile per valutare il rischio incendi in contesti territoriali complessi.

Le elaborazioni proposte sono basate sull'utilizzo del software open source QGIS. Le metodologie sono state verificate attraverso un confronto diretto con gli strumenti tecnologici e pianificatori attualmente in uso presso il Dipartimento di Protezione Civile della Regione Puglia.

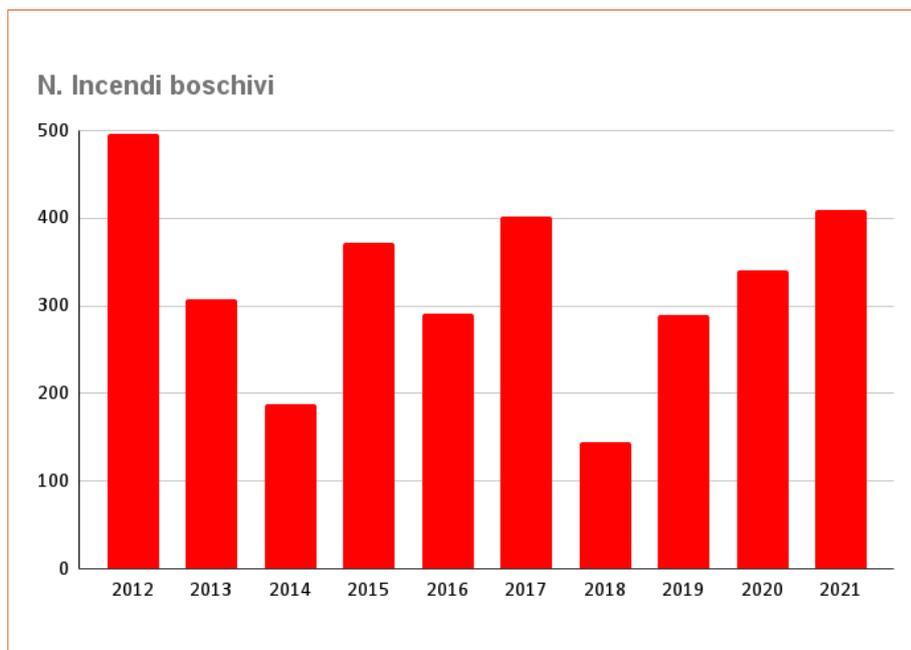


Fig. 2 - Numero di incendi per ogni anno nel periodo 2012-2021 (Fonte: rielaborazione dati del Piano AIB Puglia 2023-2025).

### Pianificazione AIB e incendi di interfaccia

Secondo quanto definito dal “Manuale Operativo per la predisposizione di un piano comunale o intercomunale di protezione civile” (2007), gli incendi di interfaccia sono quelli riguardanti aree in cui si

riscontra una stretta interconnessione tra strutture antropiche e aree naturali, tali da poter venire rapidamente in contatto con la possibile propagazione di un incendio originato da vegetazione combustibile (esempio in Figura 1). Le aree di interfaccia possono essere quindi definite

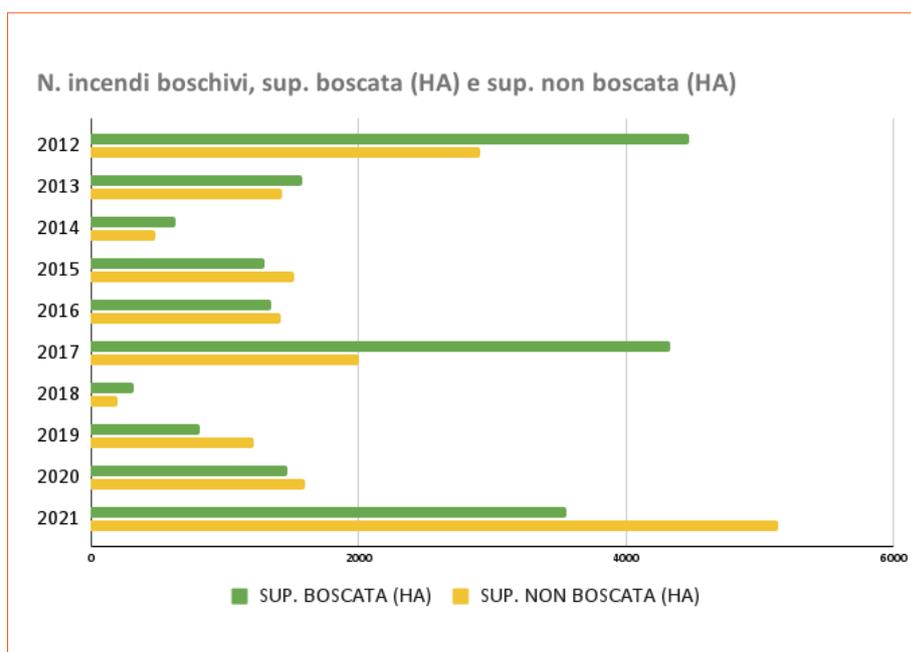


Fig. 3 - Numero di incendi boschivi con relativo valore in ettari della superficie boscata e non boscata incendiata (Fonte: rielaborazione dati del Piano AIB Puglia 2023-2025).



Fig. 4 - Esempio di edificato in formato vettoriale della Carta Tecnica Regionale della Regione Puglia integrato con i dati di OpenStreetMap.

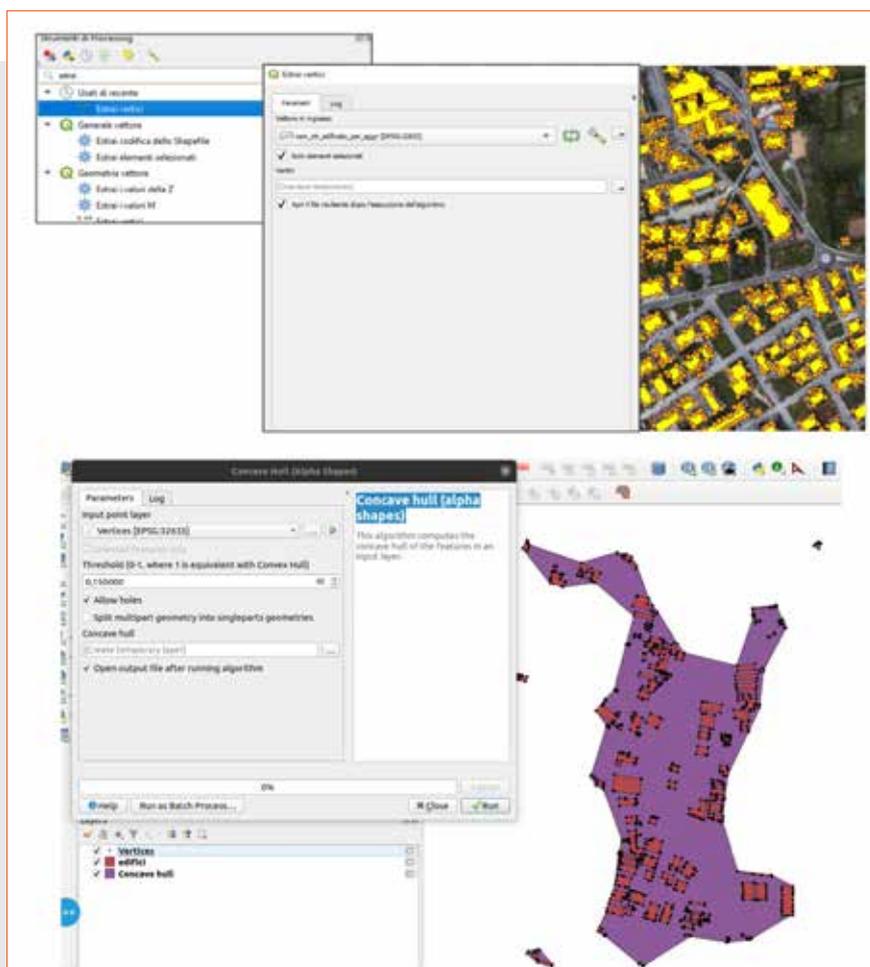


Fig. 5 - Screenshots dei passaggi per l'applicazione del tool Concave Hull (alpha shapes) utile per la definizione dell'aggregato urbano.

come quelle zone in cui in caso di incendio si verifica il primo contatto tra le aree antropizzate e il fuoco (Stewart et al., 2007). La legislazione italiana ribadisce l'obbligatorietà di prevedere la pianificazione comunale di Protezione Civile, in modo che ogni Comune possa dotarsi di uno strumento snello e speditivo che permetta di mettere in sicurezza la popolazione nel caso in cui un incendio boschivo o rurale minacci gli insediamenti o le infrastrutture presenti sul proprio territorio. Il Manuale definisce le linee guida per un approccio metodologico con l'obiettivo di suggerire i requisiti minimi da soddisfare per la redazione delle mappe di rischio sul territorio italiano. In particolare fa riferimento, nella parte relativa al rischio incendi, alla definizione dell'indice di vulnerabilità relativo agli esposti nelle aree di interfaccia. Tale aspetto è parte della fase di previsione, che insieme alla fase di sorveglianza, definisce il sistema di allerta a livello regionale attuato dai centri operativi. Per pianificare efficacemente il dispiegamento delle forze del sistema di Protezione Civile, è fondamentale conoscere la localizzazione esatta degli edifici e delle infrastrutture e la loro funzione d'uso all'interno della suddetta area (Lampin-Maillet et al., 2010). La conoscenza puntuale dell'area e con essa del centro urbano è essenziale per calcolare il rischio che interessa l'interfaccia (D'Este et al., 2021). Nel presente studio, oltre al manuale operativo, si è fatto riferimento alle linee guida della Regione Puglia (Linee guida per la redazione dei Piani di Protezione Civile comunali - D.G.R. n. 1414 del 30/07/2019).

### La Puglia e gli incendi

Sulla base dei dati presenti sul Piano AIB 2023-2025 relativi all'ultimo anno disponibile (Dipartimento Protezione Civile Regione Puglia, 2023), la Puglia è la quinta Regione italiana per numero di incendi boschivi e la quarta (dopo Sicilia, Sardegna e Calabria) per superficie boschiva bruciata. Se si limita l'analisi agli incendi con estensione superiore ai 30 ettari (dati EFFIS - <https://forest-fire.emergency.copernicus.eu/>) dal 2008 al 2021, la Puglia si colloca al sesto posto nazionale per superficie totale percorsa dal fuoco. Più nello specifico in questo arco temporale ci sono stati circa 120 incendi di dimensioni superiori a 30 ha, con una media di circa 150 ha a

evento e 8,5 eventi per anno. L'analisi delle statistiche degli ultimi dieci anni conferma il carattere fortemente stagionale degli incendi. Infatti il periodo da giugno a settembre è quello nel quale sono concentrati quasi il 93% degli eventi del periodo 2012-2021, ma anche quasi il 97% della superficie totale percorsa e oltre il 97% della superficie boscata. Nelle Figura 2 e Figura 3 sono riportate alcune statistiche relative al numero degli incendi e alla superficie boscata e non boscata per il periodo di analisi.

### La metodologia e le operazioni preliminari

In questo studio proponiamo una metodologia preliminare e speditiva per migliorare l'attua-

le protocollo della Protezione Civile italiana riguardante gli incendi nelle aree di interfaccia urbano-rurale. Mediante l'utilizzo di dati spaziali open e la successiva definizione di diversi strati informativi, sono stati sviluppati un indice di vulnerabilità e un indice di pericolosità, che vengono poi combinati per valutare il rischio nelle zone di interfaccia. Come caso di studio, viene presentato il Comune di San Giovanni Rotondo (FG) ma la metodologia è stata applicata all'intera Regione Puglia. Le elaborazioni spaziali sono state definite in ambiente raster, avendo la rappresentazione continua del territorio e la discrezionalità spaziale a livello di pixel, sfruttando le potenzialità della map algebra.

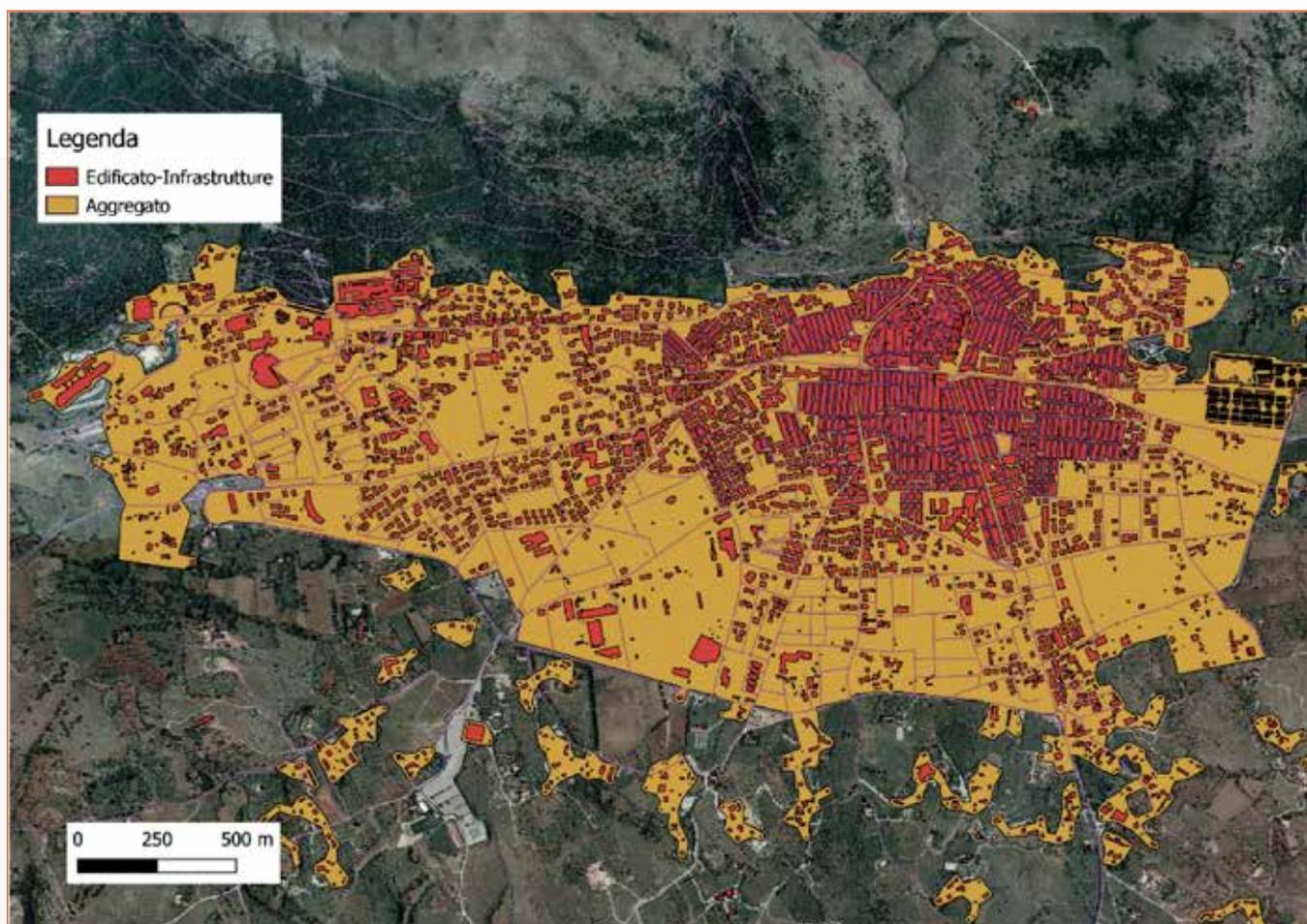


Fig. 6 - Esempio di individuazione e perimetrazione delle aggregazioni degli esposti con sovrapposizione dell'edificato (CTR) ed infrastrutture su ortofoto (<http://www.sit.puglia.it/>).

### Dati geografici

Il primo passo consiste nella ricerca di dati cartografici aggiornati per individuare la linea che separa l'aggregato urbano, costituito da edifici e infrastrutture, dalla zona di vegetazione, potenziale area di innesco. Per stabilire correttamente la presenza di manufatti si fa riferimento alla cartografia tecnica. La Carta Tecnica Regionale della Puglia è disponibile, nella versione più recente, per l'anno 2011. Per colmare questa lacuna, si è fatto ricorso a dati spaziali aperti, integrandoli con la cartografia esistente e migliorando così la rappresentazione del territorio.

OpenStreetMap ([openstreetmap.org](http://openstreetmap.org)) è il più grande database di mappe libere disponibile. Con l'aggiornamento dei dati di input, è possibile elaborare mappe tematiche più rispondenti alla realtà (Figura

4). Tutti gli strati informativi sono stati elaborati e riproiettati nel sistema di riferimento WGS84/UTM zona 33N (EPSG:32633).

### Definizione dell'aggregato urbano

Al fine di ottenere una mappa aggiornata degli edifici e delle infrastrutture, i dati ufficiali della cartografia tecnica sono stati incrociati esaminando la tipologia dell'edificato e lo strato informativo `osm_buildings` di OpenStreetMap, in quanto quest'ultimo è più aggiornato, soprattutto nelle aree di espansione urbana. Una volta definita la nuova area edificata, l'aggregato è stato elaborato come previsto dal manuale operativo, riducendo le discontinuità tra gli elementi presenti. Il nuovo aggregato è stato unito al tema località dell'ISTAT.

La perimetrazione degli aggre-

gati può essere effettuata manualmente con l'ausilio di più dati cartografici (CTR, Ortofoto, Istat, Zonizzazione dei Piani Comunali, ecc.) o utilizzando funzioni spaziali di aggregazione come, ad esempio, Concave hull presente in QGIS (Figura 5). Nel caso di perimetrazione tramite la funzione sopra citata, tuttavia, è consigliabile controllare il risultato ottenuto e, se necessario, modificare manualmente il perimetro in modo che sia il più realistico possibile (Figura 6).

### Definizione e perimetrazione delle fasce di interfaccia e perimetrale

Il manuale operativo per la predisposizione di un piano comunale o intercomunale di Protezione Civile definisce l'interfaccia in senso stretto (o fascia di interfaccia) come la fascia di contiguità tra le



Fig. 7 - Buffer di 50 m, in evidenza l'edificato CTR -2011 che interseca l'area di interfaccia (ortofoto <http://www.sit.puglia.it/> 2016).

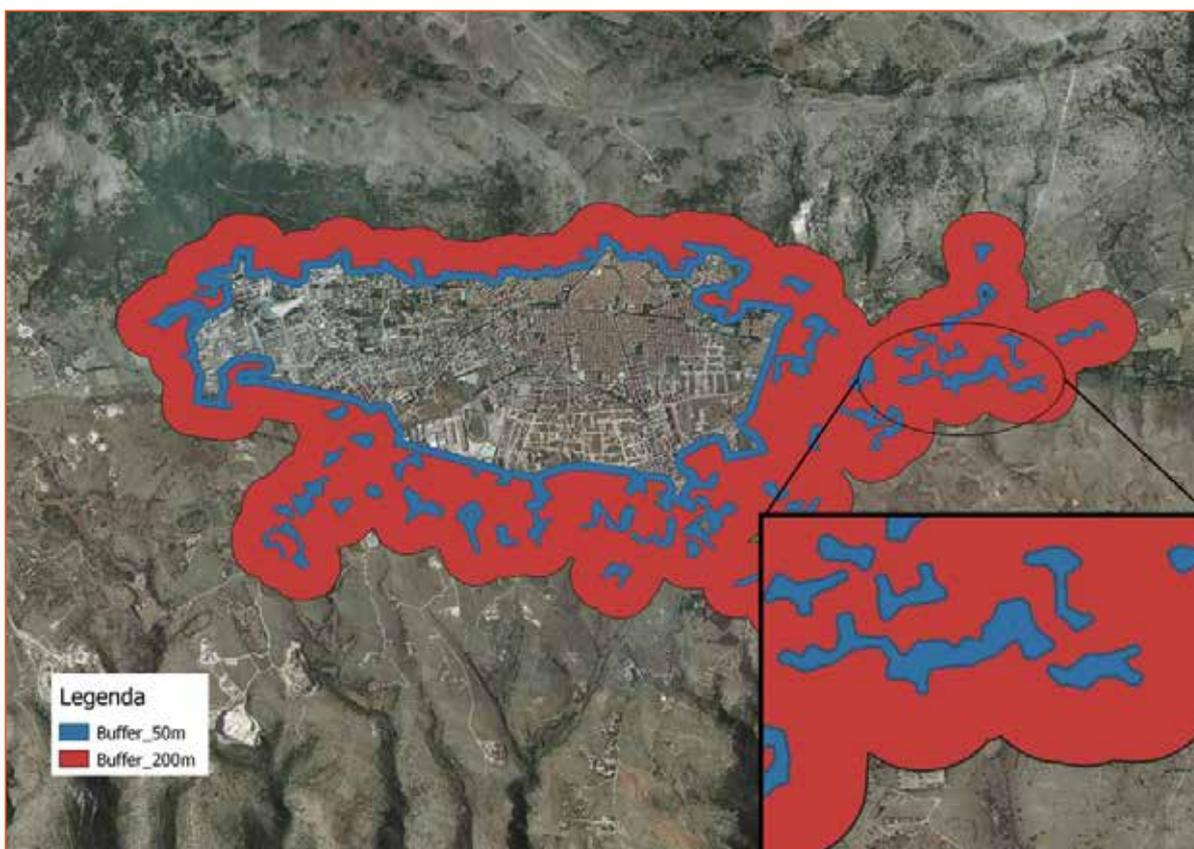


Fig. 8 - Buffer di 50 m (fascia d'interfaccia) e buffer di 200 m (fascia perimetrale) per la definizione del rischio incendi di interfaccia. Per i piccoli aggregati semi urbanizzati, o di piccola entità, il buffer di interfaccia ingloba tutta l'area (zoom).

strutture antropiche e la vegetazione a essa adiacente, esposte al contatto con il probabile fronte di fuoco. La larghezza di tale fascia può variare dai 25 ai 50 metri in base alle caratteristiche fisiche del territorio e alla tipologia degli insediamenti. Il manuale definisce anche la fascia perimetrale come la superficie che si estende nelle aree non antropizzate per una lunghezza indicativa di 200 m dal limite esterno della fascia d'interfaccia. Tale fascia viene utilizzata per la valutazione della pericolosità ai fini del calcolo del rischio incendi. La fascia d'interfaccia è relativa al calcolo della vulnerabilità e si sovrappone in parte all'area antropizzata (Figura 7 e Figura 8), individuando le strutture e gli edifici più esposti a un possibile fronte di incendio. Il buffer di 25-50 metri interessa tutte

quelle strutture che risulterebbero più esposte a un possibile incendio. I piccoli aggregati (Figura 9) possono essere trattati alla stessa stregua della fascia di interfaccia di 25-50 metri, quindi considerando tutto l'insediamento come esposto. In questi casi, con aree ridotte, è inopportuno creare una fascia di interfaccia quando la stessa ingloberebbe totalmente, o quasi, l'intero nucleo abitato, aggregato o struttura pubblica (es. ospedale isolato, case disposte linearmente lungo una strada, piccoli nuclei abitati, etc.).

**Pericolosità**

Il calcolo del pericolo nella fascia perimetrale si basa su diversi fattori.

La Tabella 1 riassume i fattori e i rispettivi valori. I fattori sono descritti in dettaglio nei sottoparagrafi successivi, presentano variazioni rispetto a quanto suggerito dal manuale operativo. A esclusione del Tipo di Contatto, tutti gli altri fattori sono stati realizzati per l'intera Regione Puglia e poi clippati sull'interfaccia. La mappa di pericolosità finale è la somma dei raster dei singoli fattori.

Fattori	Range di valori
Pericolo vegetazionale	1-6
Pericolo morfologico	1-6
Tipo di contatto	0-1-2-4
Incendi passati	0-8
Pericolo fitoclimatico	1-4
Classificazione AIB	0-2-4

Tab. 1 - Tabella riassuntiva dei valori associati a ogni fattore di pericolo.

*Pericolo vegetazionale*

Per la realizzazione del fattore del pericolo vegetazionale è utile la Mappa di Fuel Danger, elaborata sulla base della mappa dei modelli di combustibile o, in sua assenza, la mappa CNAT (Carta della Natura) elaborata da ISPRA

(2013) che contiene gli habitat rilevati in Puglia secondo il sistema di classificazione europeo CORINE Biotopes. Eventualmente, possono essere usate anche altre tipologie di mappe che contengano una classificazione di dettaglio della copertura forestale e vegetazionale.

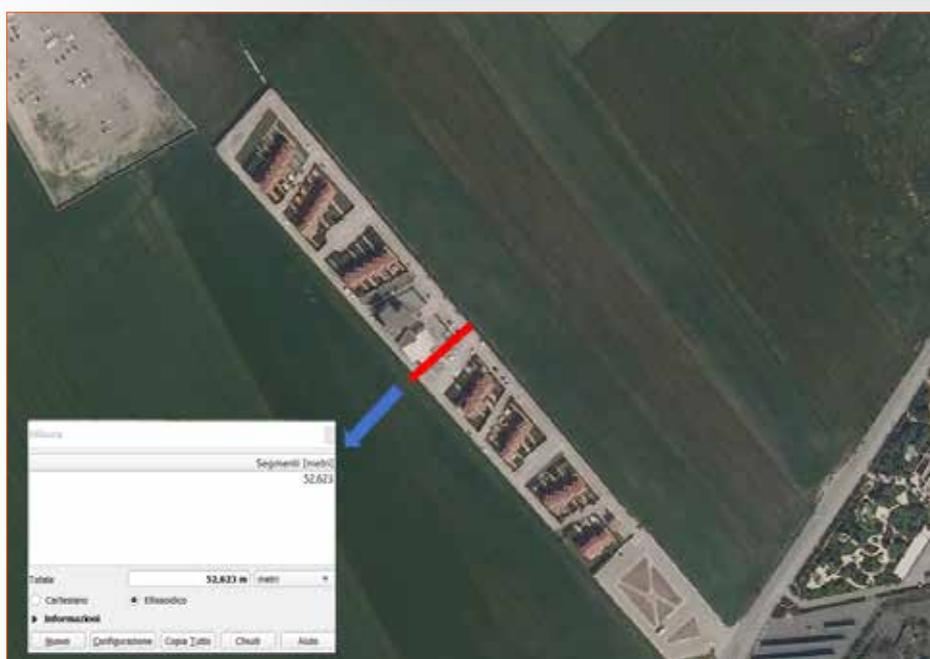


Fig. 9 - Esempio di piccoli aggregati.

Categoria	Pericolosità		
	Tree cover density (%)		
	0-40	40-70	70-100
15.1	2	2	2
15.5	1	1	1
15.6	1	1	1
15.83	1	1	1
16.1	1	1	1
16.21	1	1	1
16.27	2	2	2
16.28	3	6	6
16.29	3	3	1
16.3	1	1	1
17.1	No fuel	No fuel	No fuel

Tab. 2 - Estratto di una tabella utilizzata per l'attribuzione della pericolosità a ogni categoria del dataset di Carta della natura.

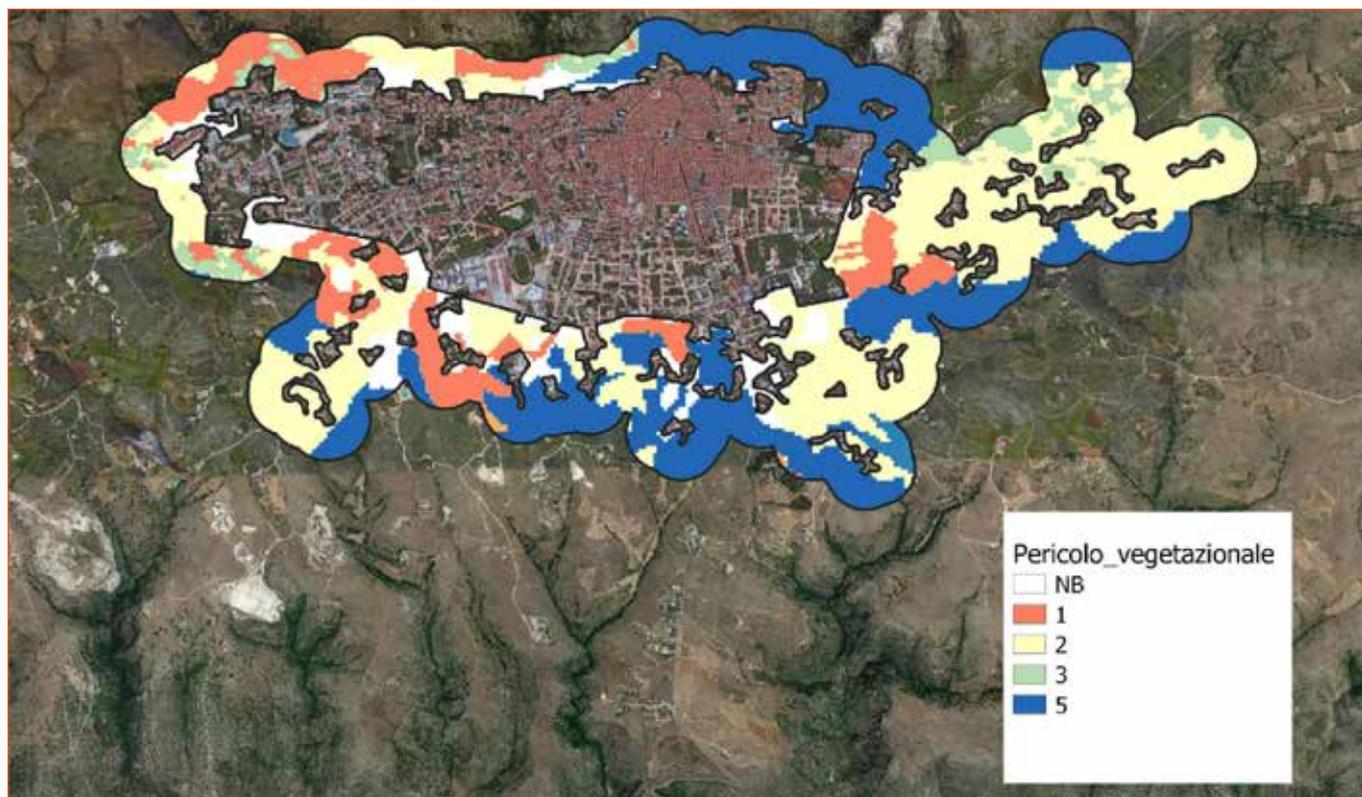


Fig. 10 - Mappa del pericolo vegetazionale. In legenda il valore NB si riferisce alle aree non incendiabili per mancanza di vegetazione e quindi di combustibile.

In questo caso, utilizzando la Carta della Natura, a ogni tipologia vegetazionale, suddivisa in gradi di copertura arborea (dove presente), è stato attribuito un indice di pericolosità (da 1 a 6). Questo indice tiene conto delle caratteristiche pirologiche che influenzano il comportamento del fuoco. Si tiene conto sia del tipo di vegetazione che della densità di vegetazione, indicate nel Manuale (Figura 10). A titolo esemplificativo, si riporta un estratto della tabella in cui sono riportati, per ogni categoria (codificato secondo la classificazione Corine BIOTOPES), i valori di pericolosità (Tabella 2).

#### *Pericolo morfologico*

Il fattore di pericolo morfologico (range 1-6) è proposto come un approfondimento del semplice fattore pendenza riportato nel Manuale in quanto tiene conto anche dell'esposizione.

L'esposizione influenza l'irraggiamento solare e il tipo di vento e, di conseguenza, la temperatura e l'umidità. La pendenza e l'esposizione sono state ricavate da un modello digitale di elevazione (DEM) con una risoluzione spaziale di 20 metri. L'intervallo dei valori reali di pendenza ed esposizione è stato normalizzato nell'intervallo di valori 0-1 (pericolo basso - pericolo alto). Per quanto riguarda la pendenza, i valori normalizzati crescono all'aumentare del valore reale, mentre i valori normalizzati dell'esposizione crescono secondo il seguente ordine: NW-NE, E-NE, W-NW, E-SE, W-SW, SE-SW. L'indice di pericolosità morfologica si ottiene con la seguente formula:  $(\text{Valore Normalizzato Pendenza} * 0.7) + (\text{Valore Normalizzato Esposizione} * 0.3)$ . La pendenza incide con un peso del 70% mentre l'esposizione contribuisce per il 30%. I pesi fanno

riferimento a un processo di validazione statistica che definisce la relazione tra i fattori morfologici (pendenza ed esposizione) e la frequenza degli incendi.

I valori del raster di output sono riclassificati come interi da 1 a 6, assegnando alle aree pianeggianti (che hanno come risultato della formula il valore 0) il punteggio minimo, ossia 1. Per le altre classi sono stati equamente assegnati i punteggi 2,3,4,5,6 (Figura 11).

Il fattore Tipo di contatto, come da Manuale, viene utilizzato per determinare il valore sull'intera area suddivisa in base al tipo di contatto rilevato. Il valore può essere 0, 1, 2, 4 (Tabella 3).

Operativamente, si deve procedere a suddividere la fascia perimetrale in base al tipo di contatto presente tra la sua linea interna e l'aggregato. E' possibile farlo inserendo nel vettore della striscia perimetrale

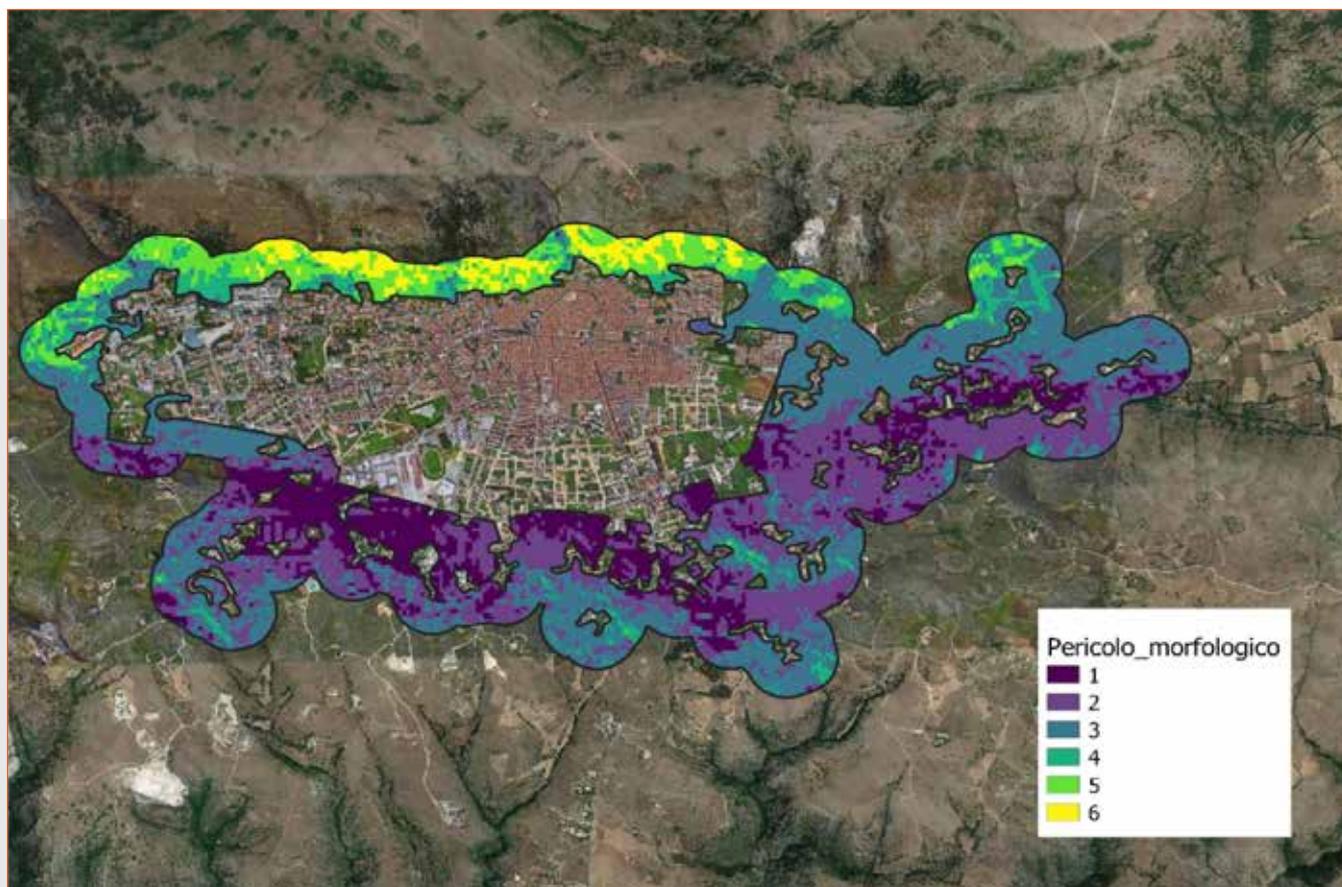


Fig. 11 - Mappa del pericolo morfologico.

un valore identificativo del tipo di contatto e poi tagliandola in corrispondenza di tale contatto (Figura 12).

*Incendi pregressi*

Rappresenta la distanza degli incendi pregressi dagli insediamenti e prevede l'assegnazione di punteggi nell'intervallo tra

Contatto Interfaccia	Pericolosità
nessun contatto	0
contatto discontinuo o limitato	1
contatto continuo a monte o laterale	2
contatto continuo a valle, nucleo abitato	4

Tab. 3 - Valore della pericolosità attribuito a ogni tipologia di contatto.

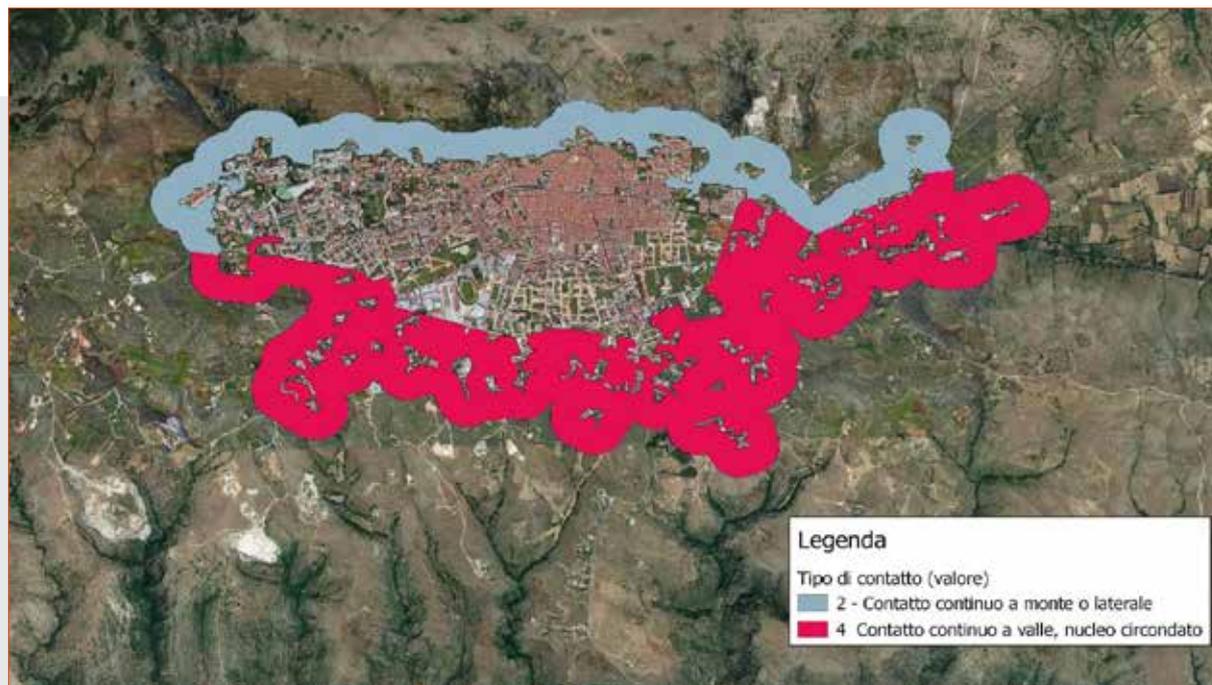


Fig. 12 - Mappa del fattore relativo al tipo di contatto.

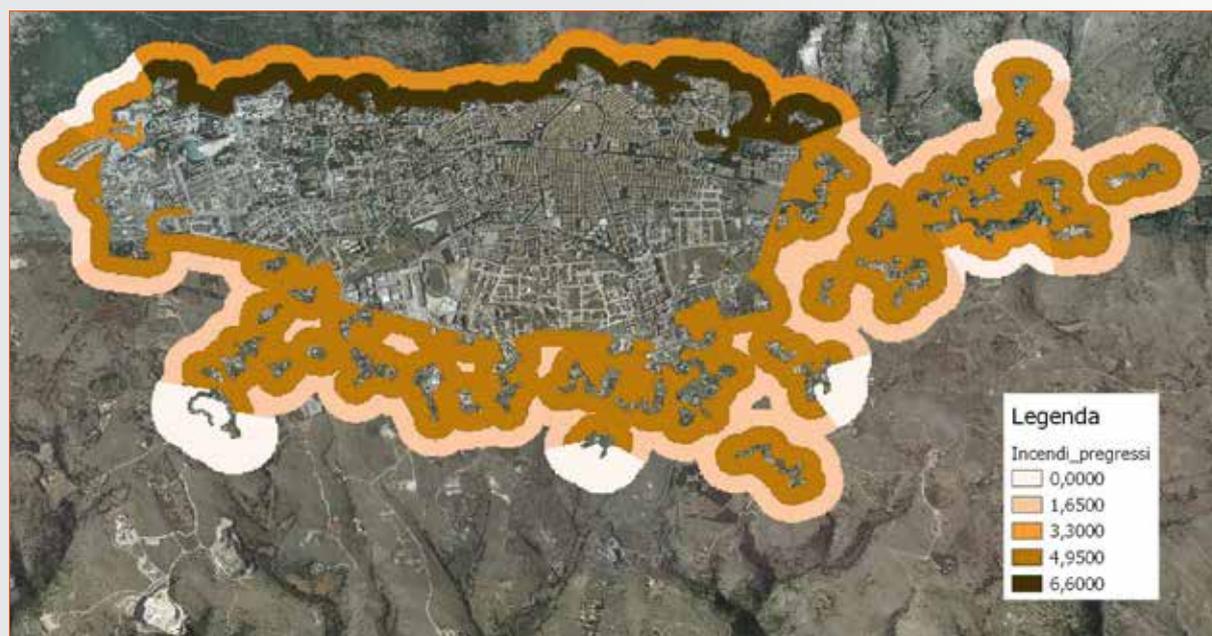


Fig. 13 - Mappa del fattore incendi pregressi nel caso di vegetazione non omogenea.

CRITERI	VALORE PERICOLOSITA'
Assenza di incendi	0
100 m < evento < 200 m	4
Evento < 100 m	8

Tab. 4 - Assegnazione valore di pericolosità sulla base della distanza dagli incendi pregressi.

Zona Fitoclimatica (Tipo)	Valore
Supratemperato/Mesotemperato/Umido	1
Mesotemperato/Umido/Subumido	2
Mesotemperato/Mesomediterraneo/Umido/Subumido	3
Termomediterraneo/Mesomediterraneo/Inframediterraneo/Secco/Subumido	4
Mesomediterraneo/Termomediterraneo/Secco/Subumido	4

Tab. 5 - Attribuzione dei valori di pericolosità in funzione della zona Fitoclimatica.

100 e 200 metri e nell'intervallo inferiore a 100 metri. Quando non è segnalato nessun evento, il valore assegnato è 0 (Tabella 4). Il manuale

prevede che nel caso di almeno un evento, il valore da assegnare è 4 nella prima fascia e 8 nella seconda. Tuttavia, è possibile definire una gradualità

nell'assegnazione dei punteggi. In particolare, quando il numero di eventi è inferiore al numero di anni della serie temporale (e non uguale a 0), si applica una riscalatura lineare per ottenere valori graduati e correlati al numero di eventi verificatisi nel periodo analizzato (Figura 13). Questo approccio consente di modulare i punteggi in base all'effettivo numero di eventi, anziché utilizzare valori fissi predefiniti.

*Pericolosità fitoclimatica*

La Carta Fitoclimatica d'Italia (disponibile in formato vettoriale presso il Geoportale Nazionale del MATTM) individua sul territorio pugliese 5 tipi climatici ai quali viene attribuito un indice di pericolosità in base alla seguente Tabella 5. I valori sono stati successivamente mappati (Figura 14).



Fig. 14 - Mappa della pericolosità fitoclimatica.

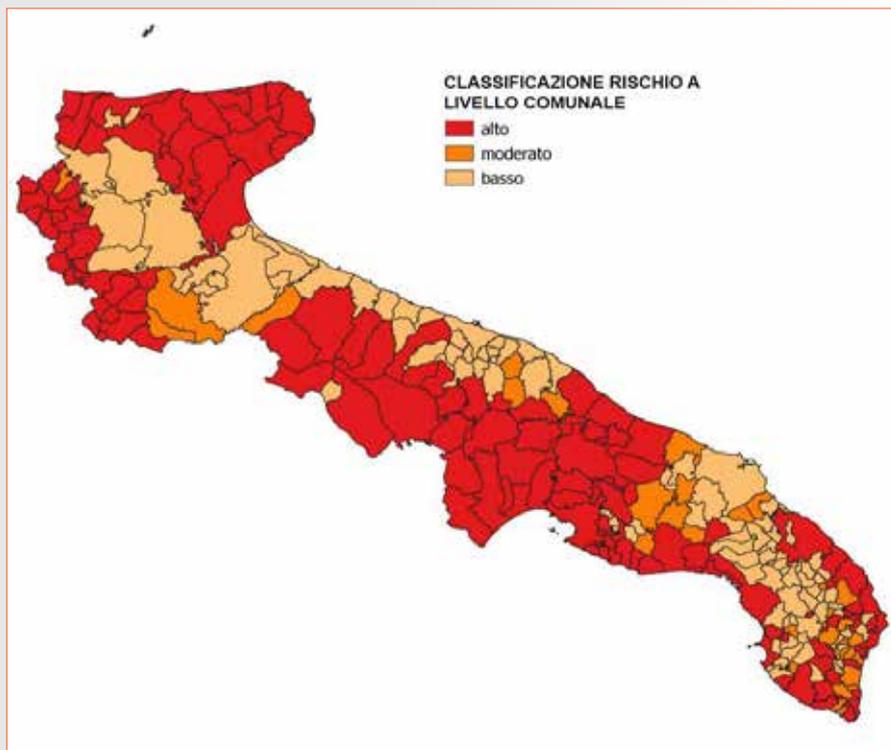


Fig. 15 - Classificazione del rischio d'incendio a scala comunale (alto = 4, moderato = 2, basso = 0).

*Classificazione della pericolosità AIB*

La classificazione del rischio d'incendio a scala comunale è quella contenuta nel Piano AIB Puglia vigente. Per cui è stato creato uno strato informativo riportando per ogni Comune il valore di pericolosità, come da manuale operativo.

*Calcolo della pericolosità*

La somma dei punteggi deve

essere calcolata sui dati raster, pixel per pixel. Il raster risultante è riclassificato in tre classi di pericolosità (bassa, media, alta) suddividendo equamente il range dei valori come da linee guida.

**Vulnerabilità**

La vulnerabilità al fuoco si riferisce alla predisposizione di un determinato elemento (persone, beni, opere civili e vegetazione

Tipologia di edificio	Valore di vulnerabilità
Edificato continuo e discontinuo	10
Ospedali, scuole, stazioni militari ed edifici strategici	10
Centrali elettriche e rete viaria principale	10
Strade secondarie, infrastrutture di telecomunicazioni, stazione di monitoraggio	8
Edifici industriali	8
Aeroporti e stazioni ferroviarie	8
Strutture sportive e ricreative	8
Aree verdi	5
Cimiteri e zone di stoccaggio	2

Tab. 7 - Punteggio di vulnerabilità assegnato alle diverse tipologie di edificio sulla base del manuale operativo.

Valore di Pericolosità	Classe di Pericolosità
$3 \leq X \leq 12$	Bassa (1)
$12 < X \leq 22$	Media (2)
$22 < X \leq 32$	Alta (3)

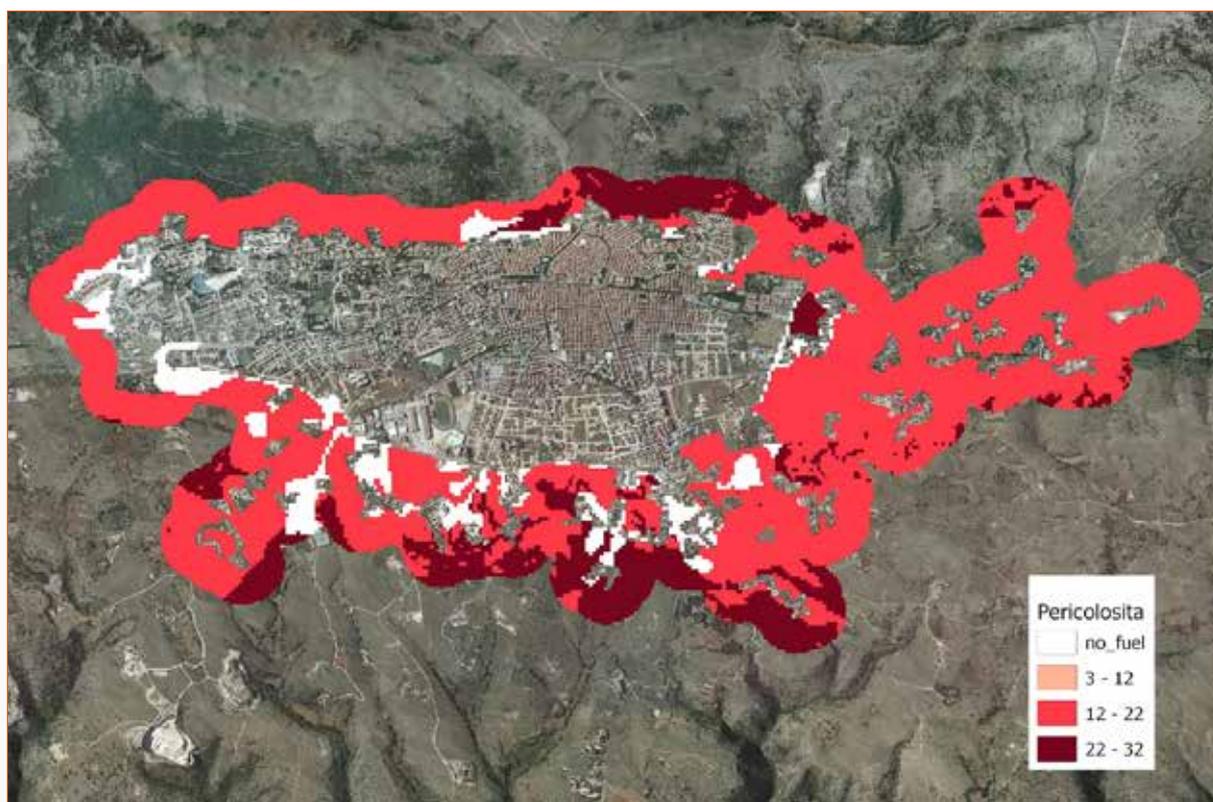
Tab. 6 - Attribuzione della classe di pericolosità.

in generale) a subire danni o a essere compromesso in seguito a un incendio. In particolare, l'indice di vulnerabilità rappresenta un valore che identifica le aree di interfaccia più esposte al fronte di fiamma in caso di incendio.

*Identificazione delle classi di vulnerabilità degli edifici*

Una volta definito il poligono dell'aggregato e il relativo buffer di 25-50 m (o fascia di interfaccia), la fase successiva consiste nella individuazione degli esposti (per ciascuna classe di esposto riportata nel manuale operativo) che ricadono all'interno del buffer e dell'uso di ognuno (scuole, ospedali, palestre, etc.), a cui andrà attribuito un valore di sensibilità in base ai suggerimenti delle linee guida regionali (Tabella 7). La difficoltà nella discriminazione di ciascuna categoria (per esempio ospedale, abitazione, scuola etc.) può essere superata soltanto da una conoscenza puntuale del territorio. E' ragionevole considerare che nel caso di incendio che interessi più esposti in modo simultaneo, la vulnerabilità complessiva è data dalla sovrapposizione dei singoli esposti, altrimenti considerati in modo isolato. Nella somma di tutti i layer, le porzioni di area che si sovrappongono determinano un contributo di vulnerabilità.

Per ogni esposto è stato considerato un buffer di 50 metri; ogni buffer viene clippato



16 - Mappa della pericolosità ottenuta con la somma algebrica dei diversi fattori.

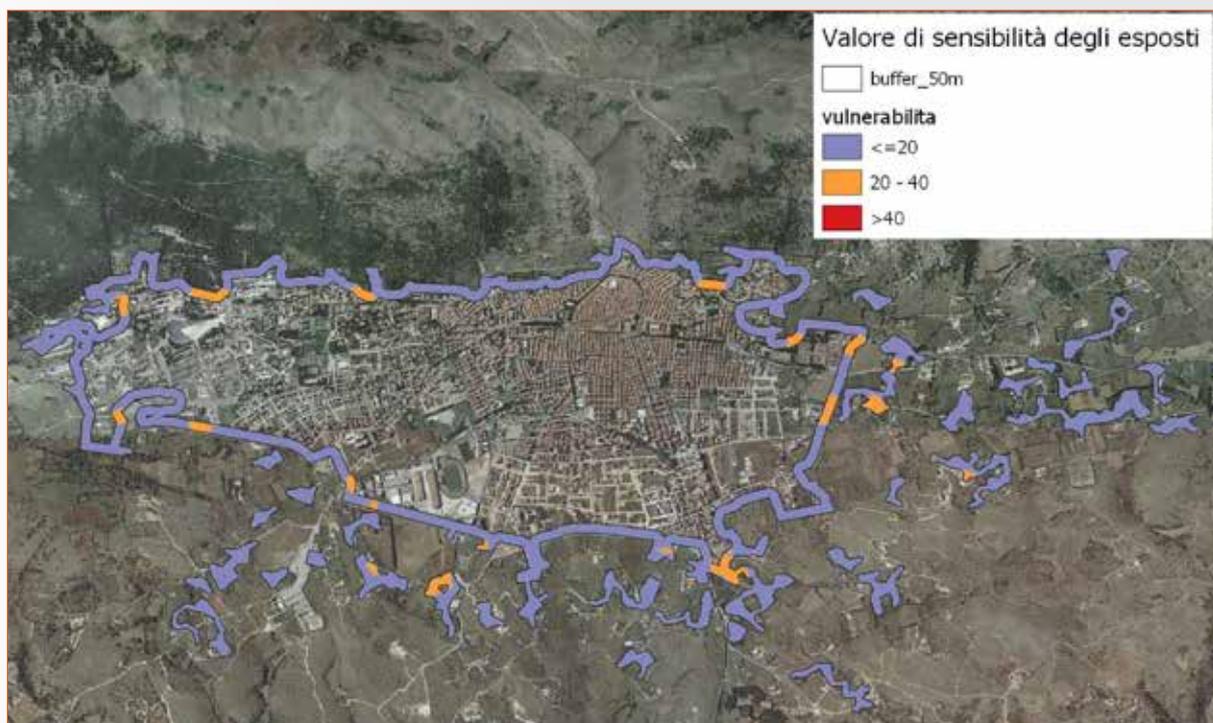


Fig. 17 - Mappa della vulnerabilità degli esposti.

Punteggio di Vulnerabilità	Classe
<20	BASSA (1)
21-40	MEDIA (2)
> 40	ALTA (3)

Tab. 8 - Definizione dei Range di Intervalli per la riclassificazione dell'indice di vulnerabilità in tre classi.

sull'area di interfaccia, sommando i valori nel caso di sovrapposizione. L'elaborazione produce un raster dove i valori numerici rappresentano il grado di sensibilità alle esposizioni, con valori maggiori nelle aree con sovrapposizione e valore nullo nelle restanti aree.

posizione e valore nullo nelle restanti aree.

*Calcolo della vulnerabilità*  
Anche la mappa della vulnerabilità viene riclassificata in tre classi seguendo i suggerimenti

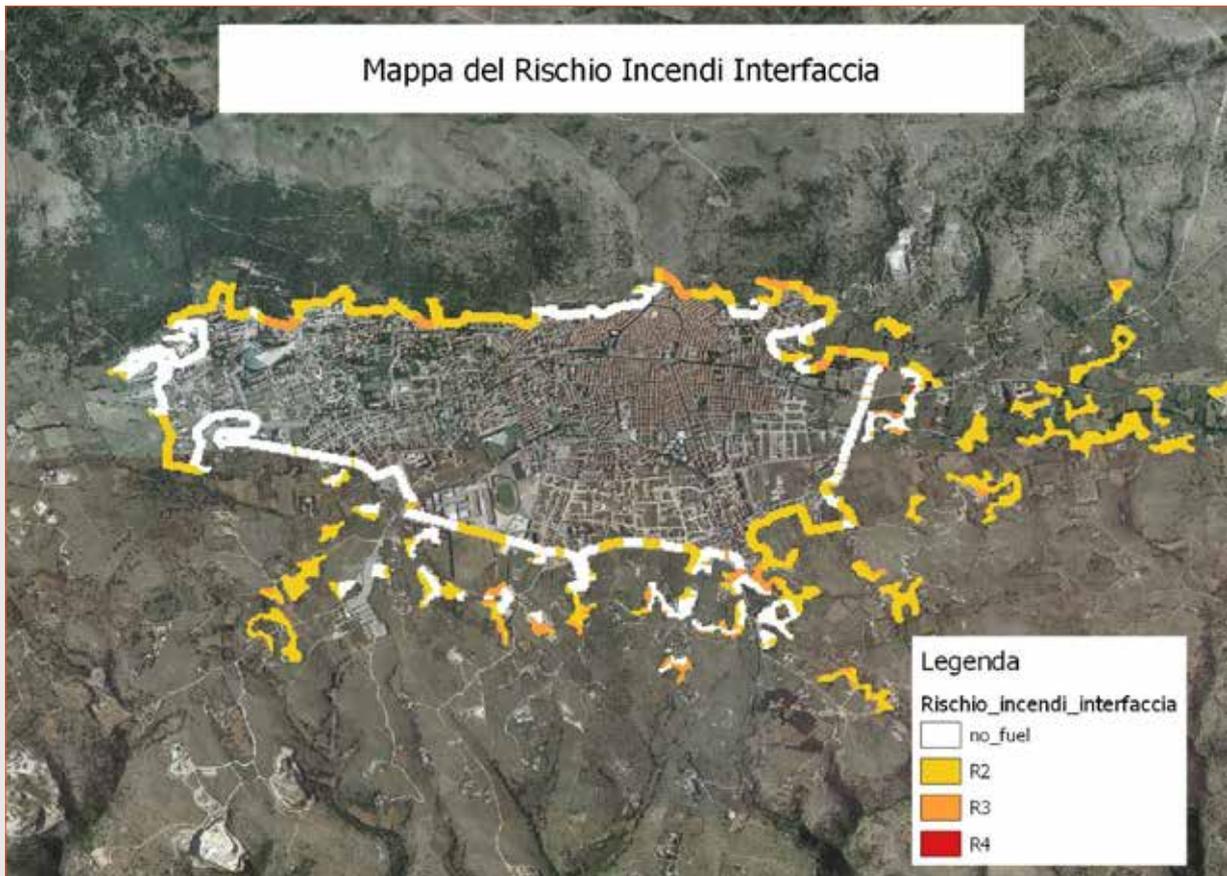


Fig. 18 - Mappa del rischio incendi di interfaccia per il Comune di San Giovanni Rotondo (FG). Nel caso specifico, non vi sono pixel ricadenti nella fascia di rischio 1.

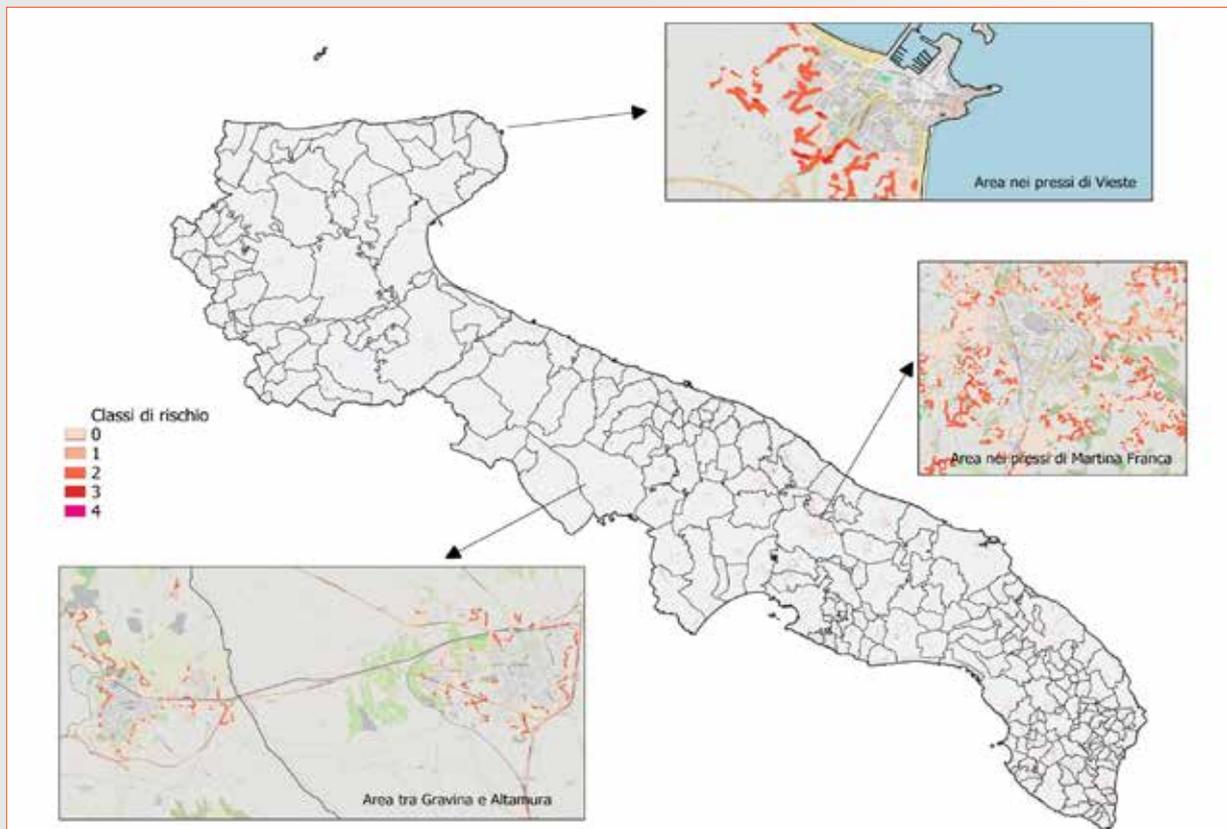


Fig. 19 - Applicazione all'intera Regione Puglia della metodologia proposta con alcuni zoom per poter apprezzare meglio i risultati.

		Pericolosità		
		Alta	Media	Bassa
Vulnerabilità	Alta	R4	R4	R3
	Media	R4	R3	R2
	Bassa	R3	R2	R1

Fig. 18 - Mappa del rischio incendi di interfaccia per il Comune di San Giovanni Rotondo (FG). Nel caso specifico, non vi sono pixel ricadenti nella fascia di rischio 1.

delle linee guida regionali (Tabella 8), il valore complessivo di vulnerabilità è rappresentato da tre classi (bassa, media e alta) e raccoglie tutti i valori compresi tra il minimo e il massimo.

#### Valutazione del rischio di incendio

La valutazione del rischio ( $R = P \times V$ ) richiede l'analisi congiunta della mappa di pericolosità nella fascia perimetrale e dell'indice di vulnerabilità degli elementi esposti nell'area di interfaccia.

Per poter calcolare il prodotto tra la mappa di pericolosità e la fascia di interfaccia è necessario che ci sia sovrapposizione dei pixel delle due mappe. A tal fine, considerando la contiguità delle due mappe, è stata utilizzata una tecnica di 'accrescimento' dei pixel della mappa di pericolosità più vicini alla fascia di interfaccia. Questa operazione, che ha lo scopo di creare maggior sovrapposizione dei pixel delle due mappe ( $P$  e  $V$ ), è stata realizzata tramite uno specifico modulo di GRASS GIS disponibile nel menu Processing di QGIS (r.grow).

Per la classificazione del rischio nelle quattro classi, si è fatto riferimento a quanto indicato nelle linee guida della Regione Puglia (Tabella 9).

#### Risultati

Dalla combinazione della mappa della Pericolosità (Figura 16) e della mappa della Vulnerabilità (Figura 17) si ottiene la mappa del rischio in 4 classi: R1, R2, R3, R4 (Figura 18).

La mappa di rischio così definita rappresenta, attraverso il valore contenuto nei pixel, le classi di rischio nelle aree che circondano gli ambiti urbani e negli aggregati.

#### Conclusioni

La presente ricerca ha sviluppato una nuova metodologia GIS per la valutazione del rischio incendi di interfaccia seguendo le linee guida regionali e il Manuale Operativo per la predisposizione di un piano comunale o intercomunale di protezione civile nella Regione Puglia.

La metodologia è basata sulla map algebra e introduce variazioni e approfondimenti delle diverse fasi analitiche proposte dal Manuale. L'uso del formato raster permette un'analisi spaziale precisa e scalabile, rendendo possibile l'automazione delle procedure per una rapida aggiornabilità dei piani comunali di protezione civile. Il modello proposto offre una maggiore flessibilità e accuratezza nella delimitazione delle aree a rischio anche grazie alla

possibilità di integrare una vasta gamma di dati spaziali, ai quali possono essere aggiunti i dati satellitari. Il caso studio applicato alla Regione Puglia ha dimostrato l'efficacia di queste tecniche nella realizzazione di mappe di pericolosità, vulnerabilità e rischio, utilizzabili dalle autorità locali per la pianificazione e per la gestione degli interventi. Le mappe ottenute offrono una visione dettagliata delle aree più esposte, consentendo una gestione mirata delle risorse di Protezione Civile, in modo da ridurre il rischio di danni alle persone, alle infrastrutture e agli ecosistemi.

Tutte le elaborazioni sono state semplificate e realizzate attraverso l'uso del software open source QGIS (molto diffuso anche nella pubblica amministrazione, senza costi di licenza, interoperabile). Il modello proposto è replicabile in altri contesti in cui sono presenti aree di interfaccia urbano-rurale o urbano-foresta. In considerazione della complessità di alcune analisi spaziali, all'interno del progetto di ricerca per il quale è stata proposta questa metodologia, è stato realizzato uno specifico tutorial.

In futuro, ulteriori miglioramenti potrebbero riguardare l'integrazione di nuovi dati relativi all'incendiabilità degli esposti e alle vie di fuga, rendendo le mappe di rischio ancora più dettagliate e utili in contesti operativi. In conclusione, questo lavoro offre un importante contributo alla pianificazione della gestione del rischio incendi di interfaccia, fornendo uno strumento efficace e accessibile per migliorare la resilienza delle comunità locali.

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

- ISPRA (2024). Incendi forestali da giugno a luglio 2024. Disponibile online: <https://www.isprambiente.gov.it/it/news/incendi-forestali-da-gennaio-a-luglio-2024-in-linea-con-la-media-dal-2006-episodi-piu-gravi-in-sicilia-e-sardegna-avieste-salva-la-copertura-forestale>
- Darques, R. (2015). Mediterranean cities under fire. A critical approach to the wildland–urban interface, *Appl. Geogr.*, 59, 10–21, doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.02.008.
- Andersen, L.M., Sugg, M.M. (2019). Geographic multi-criteria evaluation and validation: A case study of wildfire vulnerability in Western North Carolina, USA following the 2016 wildfires. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 39, 101123. doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101123
- Dipartimento Protezione Civile (2007). Manuale Operativo per la predisposizione di un piano comunale o intercomunale di protezione civile. Disponibile online: <https://emergenze.protezionecivile.gov.it/static/aefd7127e73d0ba99d-2f6a9a6063c39a/Manuale.pdf>
- Stewart, S.I., Radeloff, V.C., Hammer, R.B., Hawbaker, T.J. (2007). Defining the wildland–urban interface. *J. For.* 105:201–207.
- Lampin-Maillet, C., Mantzavelas, A., Galiana, L., Jappiot, M., Long, M., Herrero, G., Karlsson, O., Apostolopoulou, I., Lazaridou, T., Partozis, T. (2010). Wildland urban interfaces, fire behaviour and vulnerability: characterization, mapping and assessment. In: “Towards Integrated Fire Management - Outcomes of the European Project Fire Paradox” (Silva JS, Rego FC, Fernandes P, Rigolot E eds). European Forest Institute, Research Report 23: 71-92.
- D’Este, M., Giannico, V., Laforteza, R., Sanesi, G., Elia, M. (2021). The wildland-urban interface map of Italy: A nationwide dataset for wildfire risk management. *Data in brief*, 38, 107427. doi.org/10.1016/j.dib.2021.107427
- Dipartimento Protezione Civile - Regione Puglia (2023). Piano regionale di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi 2023-2025.

**NOTE**

La metodologia è stata sviluppata all’interno del progetto MESARIP: Metodologie Satellitari per il rischio incendi Puglia. Accordo Regione Puglia- CNR IMAA nell’ambito del POR puglia 2014/2020, Fondo FESR - Asse V - Azione 5.2 “Interventi per la riduzione del rischio incendi e del rischio sismico” Sub Azione 5.2.c.

**KEYWORDS**

INCENDI BOSCHIVI; INTERFACCIA; GIS; OPEN SOURCE; PUGLIA

**ABSTRACT**

Urban-rural interface areas, where man-made structures border natural or semi-natural areas, are particularly vulnerable to fire, posing a threat to people, buildings and infrastructure.

These areas require specific planning interventions. In 2007, after a summer season marked by numerous fires that particularly affected interface areas, the Department of National Civil Defense developed guidelines to address fire risk in these areas. These guidelines were the starting point for implementing the methodology that is presented in this paper. In this paper, a preliminary and expeditious methodology is proposed to improve the current protocol of the Italian Civil Defense regarding urban-rural interface fires. Specifically, it involves the creation of some information layers based on the integration of different open data available online. These layers thus created are intended to be considered within a vulnerability index and a hazard index, in order to combine both to assess the risk within interface zones. The municipality of San Giovanni Rotondo (FG) was chosen as a real case. All operations performed are based on QGIS software.

**AUTORE**

DOTT. GABRIELE NOLÈ  
GABRIELE.NOLE@CNR.IT  
DOTT. ANTONIO LANORTE  
ANTONIO.LANORTE@CNR.IT  
DOTT. GIUSEPPE CILLIS  
GIUSEPPECILLIS@CNR.IT

CNR IMAA TITO SCALO (PZ)

DOTT. FRANCESCO VITO RONCO  
F.RONCO@REGIONE.PUGLIA.IT  
DOTT. LUCIO PIRONE  
LUCIO.PIRONE@REGIONE.PUGLIA.IT

REGIONE PUGLIA

# Marine Hazard

## Un osservatorio scientifico a 3.500 metri di profondità.

Photo: Jeremy Bishop - Unsplash



Codevintec ha fornito la sonda multi-parametrica RBR Concerto<sup>3</sup> CTD e il sistema sismico Nanometrics OBS Ocean Bottom Seismometer.

*Sui fondali del Mar Ionio, un team di ricercatori di INGV e INFN, ha realizzato e posizionato una stazione sismo-acustica ad alta sensibilità per acquisire suoni e vibrazioni provenienti dagli abissi del mare.*

Come è fatto questo osservatorio?

Seleziona il link!

Codevintec rappresenta anche:

RBR

nanometrics



**CODEVINTEC**

Tecnologie per le Scienze della Terra e del Mare

tel. +39 02 4830.2175 | info@codevintec.it | www.codevintec.it