

LIFE GoProForMED

Project 101074738 - LIFE21-NAT-IT-LIFE GOPROFOR MED

Improvement of the conservation status of forest habitats in the Mediterranean Biogeographical Region applying restoration and conservation techniques and *Close to Nature* management

Deliverable 3.2

Relazione metodologica tecnico-operativa per interventi selvicolturali idonei alla riduzione del rischio incendi e compatibili con gli obiettivi di conservazione per due habitat target del progetto

WP3 - Tools for Close to Nature Forest management

Beneficiary responsible for implementation: UNITO

Davide Ascoli, Rachele Gamba, Luca Musio, Roberta Berretti

Document version updated to 17.01.2025

Sommario

1	Introduzione	4
1.1	Prevenzione incendi a scala di popolamento	6
1.1.1	Tipologie di infrastrutture preventive	6
1.1.2	Integrazione degli obiettivi di conservazione habitat nelle prescrizioni selvicolturali per la prevenzione incendi	6
1.2	Prevenzione incendi a scala di paesaggio	7
1.2.1	Pianificazione strategica della prevenzione a scala territoriale	7
1.2.2	Integrazione degli obiettivi di conservazione degli habitat nella pianificazione delle infrastrutture per la prevenzione incendi	7
2	Prevenzione incendi e conservazione della biodiversità a scala di popolamento	8
2.1	Linee guida di prevenzione incendi per l'habitat 9260.....	8
2.1.1	Sensibilità dell'habitat 9260 al disturbo da fuoco	8
2.1.2	Prescrizioni selvicolturali interne alle IB e alberi Habitat	9
2.1.3	Comportamento potenziale del fuoco e scenari gestionali - Castagneti - Habitat 9260	20
2.2	Autoresistenza in popolamenti Habitat 9260: prescrizioni nelle aree di intervento esterne alle CA e IB, perimetrali alle IB ed a carico degli Alberi habitat (HT)	26
2.3	Linee guida di prevenzione incendi per l'habitat 9530.....	28
2.3.1	Sensibilità dell'habitat 9530	28
2.3.2	Prescrizioni selvicolturali interne alle IB e alberi Habitat	29
2.3.3	Comportamento potenziale del fuoco e scenari gestionali - Pino nero - Habitat 9530	40
2.4	Autoresistenza in popolamenti Habitat 9530: prescrizioni nelle aree di intervento esterne alle CA e IB, perimetrali alle IB ed a carico degli Alberi habitat (HT)	40
3	Pianificazione della prevenzione incendi e conservazione habitat a scala di paesaggio	42
3.1	Metodologia comune.....	42
3.1.1	Definizione del rischio di incendio.....	42
3.1.2	Impatto potenziale	45
3.1.3	Rischio d'incendio.....	48
3.1.4	Analisi pericolosità pre- e post- scenari di prevenzione incendi	49
3.1.5	Pianificazione strategica delle infrastrutture preventive mediante il Treatment Optimization Model e calcolo della BP post ottimizzazione degli interventi.....	49
3.1.6	Pianificazione strategica delle infrastrutture preventive a protezione della biodiversità mediante TOM e calcolo della BP post-intervento	50
3.1.7	Pianificazione strategica delle infrastrutture preventive per il raggiungimento del trade-off delle superfici da trattare con TOM e calcolo della BP post-intervento	50
3.1.8	Valutazione della variazione della probabilità di percorrenza degli incendi e della distribuzione degli incendi potenziali.....	51
3.2	Analisi per il sito del Pratomagno	52

3.2.1	Collocazione e descrizione del sito.....	52
3.2.2	Biodiversità (sensibilità/adattamento, numero/dimensione/descrizione degli habitat).....	55
3.2.3	Carta dei modelli di combustibile.....	56
3.2.4	Tipologie di interventi.....	57
3.2.5	Analisi degli incendi storici	59
3.2.6	Burn Probability pre e post realizzazione degli interventi con obiettivo di protezione civile (BAU) e applicazione del TOM per la loro ricollocazione	61
3.2.7	Proposta di spazializzazione degli interventi per la protezione della biodiversità e calcolo della Burn Probability post-intervento.....	63
3.2.8	Proposta di spazializzazione degli interventi per l'ottenimento del trade-off delle superfici da trattare per il conseguimento degli obiettivi di protezione civile e conservazione della biodiversità.....	64
3.2.9	Valutazione della variazione della probabilità di percorrenza degli incendi e della distribuzione degli incendi potenziali nei diversi scenari di spazializzazione degli interventi di prevenzione incendi	65
3.3	Prades	70
3.3.1	Collocazione e descrizione del sito.....	70
3.3.2	Biodiversità (sensibilità/adattamento, numero/dimensione/descrizione degli habitat presenti)	72
3.3.3	Carta dei modelli di combustibile.....	73
3.3.4	Tipologie di interventi.....	74
3.3.5	Analisi degli incendi storici	76
3.3.6	Burn Probability pre e post realizzazione degli interventi con obiettivo di protezione civile (BAU) e applicazione del TOM per la loro ricollocazione	78
3.3.7	Proposta di spazializzazione degli interventi per la protezione della biodiversità e calcolo della Burn Probability post-intervento.....	80
3.3.8	Proposta di spazializzazione degli interventi per l'ottenimento del trade-off delle superfici da trattare per il conseguimento degli obiettivi di protezione civile e conservazione della biodiversità.....	81
3.3.9	Valutazione della variazione della probabilità di percorrenza degli incendi e della distribuzione degli incendi potenziali nei diversi scenari di spazializzazione degli interventi di prevenzione incendi	83
4	Conclusioni	88
4.1	Selvicoltura preventiva a scala di popolamento	88
4.2	Pianificazione integrata a scala territoriale	93
5	Bibliografia.....	95
6	Allegato A	98

1 Introduzione

Il **deliverable D3.2** sviluppa un quadro concettuale ed una metodologia replicabile per valutare la coerenza, i potenziali conflitti ed i trade-off fra **conservazione della biodiversità** e la **prevenzione degli incendi** alla scala di **popolamento** ed alla scala **territoriale**.

La **scala di popolamento** affronta il tema della **integrazione fra prescrizioni** selvicolturali per la conservazione della biodiversità negli **habitat Natura 2000** e le prescrizioni che mirano a ridurre l'inflammabilità dei popolamenti forestali all'interno di **infrastrutture preventive**. Nel deliverable D3.2 le infrastrutture preventive vengono raggruppate in due gruppi: (i) **zone strategiche di supporto alla lotta attiva**, dove gli operatori AIB possono attestarsi per spegnere l'incendio in sicurezza e con maggiore efficacia a **difesa di obiettivi target**, come un'isola di senescenza o una zona di interfaccia urbano-rurale; (ii) zone di **aumento della resistenza al fuoco di popolamenti** forestali che svolgono importanti **servizi ecosistemici** (es. biodiversità, produzione, protezione diretta) in modo che dopo il passaggio dell'incendio la severità sia ridotta, la copertura al suolo garantita, ed i tempi di ricostituzione più rapidi.

Alla scala di popolamento la **domanda che ci si pone è in che misura le prescrizioni per la prevenzione incendi confliggono con le prescrizioni per la conservazione degli habitat** (es., diversità specifica, classi di età, presenza di necromassa in piedi e a terra di diverse dimensioni). Quale è la tessitura e struttura verticale utile a **mitigare il comportamento del fuoco**? Questa struttura garantisce la conservazione delle **caratteristiche degli habitat** di interesse? Quali **classi dimensionali della necromassa** contribuiscono alla inflammabilità del complesso di combustibile e quali alla conservazione della biodiversità?

La **scala territoriale** approfondisce il tema della **integrazione di obiettivi strategici** di conservazione della biodiversità e protezione degli habitat Natura 2000 negli **strumenti di pianificazione** della prevenzione incendi. Questi piani territoriali distribuiscono spazialmente e dimensionano le **infrastrutture preventive** basandosi sull'**analisi del rischio** e del **comportamento atteso dei grandi incendi**, ovvero delle **traiettorie preferenziali** che questi incendi possono seguire in date condizioni vegetazionali, orografiche e meteorologiche.

A questa scala di analisi la **domanda che ci si pone è come integrare la conservazione della biodiversità nella pianificazione strategica delle infrastrutture preventive**. Quali aspetti legati alla conservazione della biodiversità condizionano le **scelte** del pianificatore su dove collocare le infrastrutture preventive? Quali sono i **possibili trade-off** fra la conservazione della biodiversità con altri criteri di pianificazione strategica della prevenzione, in primis la **protezione civile dei cittadini**? Quale deve essere la percentuale di trattamenti dedicata alla protezione dei siti di conservazione della biodiversità, come i siti Natura 2000, degli habitat protetti e delle **core area** e **isole di senescenza**? In quali circostanze scelgo di pianificare infrastrutture **all'esterno o all'interno** dei siti Natura 2000?

La risposta a queste domande va affrontata caso per caso, in base alle caratteristiche territoriali in termini di **regime di fuoco**, **rischi** per la popolazione, **tipologie di habitat** presenti, e capacità tecniche degli enti competenti. Il **deliverable D3.2** approfondisce le due scale di analisi utilizzando come casi studio gli habitat ed i siti Natura 2000 identificati dal progetto **GoProForMed** con particolare riferimento: i) agli habitat **9260: Boschi di Castanea sativa** e **9530: Pinete (sub)mediterranee di pini neri endemici**; ii) alle Zone di Conservazione Speciale **IT5180011- Pascoli montani e cespuglieti del Pratomagno** (a seguire Pratomagno) e **ES5140008 - Muntanyes de Prades** (a seguire Prades).

Il D3.2 fa riferimento agli **elementi strutturali** per la conservazione habitat nei siti Natura 2000 definiti dal Life GoproForMed e descritti nella **Tabella 1** e utilizza il **"Biodiversity Islands intervention protocol" (WP3 – Tools for CNF management)** come punto di partenza per i ragionamenti sulla integrazione della prevenzione incendi nelle misure selvicolturali per la conservazione degli habitat di interesse.

Tabella 1 - Descrizione degli elementi strutturali per la conservazione della biodiversità.

Elemento strutturale	Sigla	Descrizione
Core Area	CA	Area caratterizzata da un elevato valore funzionale e qualitativo per la conservazione della biodiversità. Tale valore è considerato in termini relativi rispetto al popolamento forestale target. La Core Area rappresenta un elemento che sarà mantenuto in modo permanente e costituisce un nodo della rete ecologica. La funzione della Core Area è quella di fonte di diffusione di specie mobili. All'interno della CA non sono previsti interventi ai fini della funzione di biodiversità
Isole di Biodiversità	IB	Piccole riserve (di almeno 1 ha di estensione) aventi come obiettivo principale la conservazione della necromassa e con essa la biodiversità correlata, a partire da quella degli insetti saproxilici. La complessità strutturale delle IB e quindi il loro valore ai fini della biodiversità è definita sulla base di elementi quali quantità e qualità della necromassa, presenza ed abbondanza di dendromicrohabitat, presenza di aree aperte e struttura del popolamento. Tale classificazione consente di identificare due distinte tipologie di IB: Conservative IB e Improved IB. Per le prime, essendo la complessità strutturale già adeguata alla funzione richiesta non sono previsti interventi. Per le seconde (Improved IB) la complessità strutturale attuale è ritenuta non adeguata per cui sono proposti interventi finalizzati ad incrementare questo aspetto. Modalità operative di intervento, finalizzate ad incrementare la complessità strutturale ai fini della biodiversità, sono proposte nel documento di progetto "Biodiversity Islands intervention protocol" (WP3 – Tools for CNF management).
Edge Area	EA	Area occupata dall'habitat target, esterna e contigua alle Core Area, e coincidente con la superficie indicata dal Progetto. In quest'area è prevista la collocazione e la realizzazione delle Isole della Biodiversità (IB), che corrispondono al 5% della Edge Area, e l'individuazione di alberi habitat (generalmente 10 per ogni IB). Sulla restante superficie della Edge Area, si propone una gestione forestale secondo l'approccio di selvicoltura naturalistica.
Albero habitat	HT	Elementi di connessione tra le Isole di Biodiversità (IB) e le Core Area (CA) che facilitano il movimento delle specie meno mobili (soprattutto invertebrati). Ai fini del progetto sono classificate HT le piante presenti nel popolamento con presenza di almeno un microhabitat (TreM) elencato in una lista di TreM identificati come 'prioritari' o, in alternativa, almeno 3 microhabitat diversi. Anche per questi elementi sono prevedibili, dove necessario, interventi puntuali per favorirne lo sviluppo. Tali interventi coincidono con quanto proposto al punto "OB3. Favorire la presenza di alberi habitat" del documento di progetto "Biodiversity Islands intervention protocol" (WP3 – Tools for CNF management) e sono da contestualizzare nelle attività di gestione attiva forestale dell'intera Edge Area (EA).

1.1 Prevenzione incendi a scala di popolamento

1.1.1 Tipologie di infrastrutture preventive

Nel deliverable D3.2 vengono prese in considerazione **due tipologie di infrastrutture preventive**: i) viali tagliafuoco attivi verdi a supporto della lotta attiva; ii) zone di autoresistenza dei popolamenti forestali.

Viali tagliafuoco attivi verdi: infrastrutture lineari finalizzate a ridurre l'intensità del fronte di fiamma per uno spazio sufficiente ad aumentare l'efficacia e la sicurezza della lotta attiva. La loro realizzazione e manutenzione viene progettata in base all'analisi del comportamento atteso dell'incendio in ingresso nel viale e delle possibili strategie di lotta. Queste infrastrutture sono costituite da fasce di dimensione variabile, poste a monte e a valle della viabilità esistente, in cui viene ridotta la continuità orizzontale e verticale della vegetazione, senza che venga alterata la funzione di protezione generale del suolo e garantendo comunque la fornitura di altri importanti servizi ecosistemici. I viali vengono realizzati in popolamenti forestali (sia di conifere che di latifoglie), in formazioni arbustive e in praterie. I viali devono essere sempre raggiungibili dai mezzi AIB tramite una viabilità in ingresso e in uscita, ed essere attrezzati con punti acqua. Tuttavia, possono avere caratteristiche dimensionali diverse a seconda della tipologia di vegetazione presente e del comportamento atteso del fronte di fiamma in ingresso nel viale.

Interventi di autoresistenza: interventi volti a migliorare la resistenza e resilienza delle foreste al disturbo da fuoco in comprensori forestali che svolgono funzioni fondamentali (es. protezione diretta dalla caduta massi). In questo caso l'infrastruttura non serve ad agevolare le attività di lotta attiva, ma a garantire una percentuale di persistenza della copertura forestale anche in caso di incendi severi da cui le dinamiche di successione post-incendio possono ripartire più velocemente (es., per presenza di portaseme). In base alle condizioni stazionali e al comportamento atteso del fronte di fiamma, le prescrizioni selvicolturali possono prevedere diversi trattamenti selvicolturali (diradamenti, tagli di preparazione, cure colturali, tagli saltuari, tagli a buche, tagli di sementazione, conversioni all'alto fusto, rimboschimenti e interventi di gestione dei combustibili di superficie come allestimento della necromassa, fuoco prescritto, pascolo prescritto). Le tipologie di trattamento variano in base al comportamento atteso del fronte di fiamma, al tipo di popolamento ed alla sua funzione.

1.1.2 Integrazione degli obiettivi di conservazione habitat nelle prescrizioni selvicolturali per la prevenzione incendi

Il deliverable D3.2 parte dalle prescrizioni selvicolturali proposte nel documento di progetto **"Biodiversity Islands intervention protocol" (WP3 – Tools for CNF management)** ed ha valutato quali pratiche selvicolturali proposte nelle IB ed a carico degli HT siano **compatibili con le attività di lotta attiva** in caso di presenza di un viale tagliafuoco o in che misura **migliorino l'auto resistenza dei popolamenti forestali** al disturbo da fuoco e quali, in opposto, sono da considerarsi in parziale o totale contrasto rispetto alle funzioni di queste due infrastrutture. La valutazione è stata eseguita articolando questa per obiettivi di intervento, così come proposto nel documento **"Biodiversity Islands intervention protocol"**. Al fine di rendere più completa la comprensione dell'analisi fatta, per ogni obiettivo selvicolturale viene riportata una introduzione, che deriva dalla sintesi del documento stesso.

La coerenza fra le pratiche selvicolturali per la conservazione degli habitat ed i principi di prevenzione degli incendi, viene valutata per le sole IB e HT più esposte al pericolo incendi a scala territoriale. In queste situazioni, l'adozione di pratiche selvicolturali finalizzate alla conservazione degli habitat non deve creare condizioni favorevoli per la propagazione di un incendio potenziale con effetti severi (e.g., mortalità diffusa del popolamento, combustione del suolo organico, esposizione di operatori antincendio al comportamento estremo del fronte di fiamma). Dall'altro lato, alcune pratiche selvicolturali finalizzate alla conservazione ed incremento della biodiversità possono avere **effetti positivi sulla riduzione della infiammabilità e sulla resistenza al disturbo da fuoco** dei singoli individui o dell'intero popolamento. L'**estensione delle IB** è un altro elemento da prendere in considerazione. Per IB caratterizzate da superfici

ridotte (da 1 a 5 ha) sarà necessario fare una valutazione della coerenza fra pratiche selvicolturali per la biodiversità e prevenzione incendi per tutta la superficie sottoposta ad interventi selvicolturali. Per IB con superfici più estese (> 5 ha), la coerenza tra interventi selvicolturali e pericolo incendi sarà da valutare esclusivamente nelle porzioni della IB da cui è previsto l'ingresso più probabile dell'incendio e per una fascia di intervento perimetrale avente profondità variabile verso l'interno della IB in funzione del comportamento atteso del fronte di fiamma (lunghezza di fiamma) e dell'habitat analizzato. Per gli HT la valutazione è da effettuarsi a carico di tutti gli individui localizzati nella porzione di Edge Area classificata a maggior pericolosità incendio dall'analisi a scala di paesaggio.

1.2 Prevenzione incendi a scala di paesaggio

1.2.1 Pianificazione strategica della prevenzione a scala territoriale

La pianificazione strategica delle infrastrutture preventive ha l'obiettivo di ridurre la **pericolosità** degli incendi (i.e., comportamento potenziale in termini di lunghezza di fiamma e intensità lineare) nelle aree in cui si prevede un **danno potenziale**, inteso come aree **vulnerabili** ed **esposte** al pericolo incendi. La pericolosità consiste nella probabilità che un incendio intenso si propaghi in una determinata zona del territorio analizzato. Nel D3.2 la pericolosità è stata analizzata con **strumenti di supporto alle decisioni** basati su modelli di propagazione del fuoco (Finney 2004). L'esposizione consiste nella presenza ed estensione delle zone di interfaccia urbano-rurale e di servizi ecosistemici forniti dai popolamenti forestali. In questo documento sono stati presi in considerazione i seguenti servizi ecosistemici: **conservazione della biodiversità, protezione del suolo, e produzione biomassa-stock di carbonio**. Per comprendere come mitigare la pericolosità degli incendi nelle aree esposte è possibile pianificare e realizzare sul territorio delle infrastrutture preventive come definite nel **paragrafo 1.1.1**. Tuttavia, le **risorse disponibili** per la realizzazione delle infrastrutture sono sempre **limitate**. Nelle due aree Natura 2000 pilota analizzate, ovvero i territori del **Pratomagno in Toscana-Italia** e **Prades in Catalunya-Spagna**, si è deciso di mantenere il livello di investimento in infrastrutture preventive riportato nei **rispettivi piani di prevenzione incendi a scala territoriale**, corrispondente al **1% della superficie complessiva infiammabile**. La pianificazione strategica della prevenzione consiste nell'individuare una superficie trattabile potenziale maggiore del 1%, e poi decidere dove distribuire l'1% in base agli obiettivi prioritari da proteggere. Nel deliverable D3.2 la scelta su dove pianificare le infrastrutture, ovvero la collocazione spaziale ed il dimensionamento delle aree da trattare, viene effettuata adottando un **algoritmo di ottimizzazione** che individua dove collocare la superficie minima da trattare in funzione della riduzione attesa della superficie bruciata da grandi incendi che possono raggiungere aree esposte di interesse.

1.2.2 Integrazione degli obiettivi di conservazione degli habitat nella pianificazione delle infrastrutture per la prevenzione incendi

Nel deliverable D3.2 sono stati ipotizzati scenari alternativi di priorità da proteggere al fine di testare un metodo replicabile di valutazione dei trade-off fra: i) **Assenza di prevenzione – PRE**: scenario in cui non è prevista nessuna infrastruttura preventiva; ii) **Business as usual – BAU**: una pianificazione strategica che non dà priorità alla conservazione della biodiversità (i.e. attuale approccio di pianificazione riscontrato nei due territori analizzati); iii) **Biodiversità – BIO**: una pianificazione che dà priorità alle sole aree di conservazione della biodiversità come definite dal GoProForMed. In questo scenario la distribuzione spaziale delle infrastrutture preventive ha come obiettivo principale la conservazione delle CA e IB presenti nel comprensorio. Nello scenario **BIO** la pianificazione delle infrastrutture preventive a protezione delle CA e IB prevede la creazione di viali tagliafuoco attivi verdi esterni e, solo nei casi in cui si rende necessario per l'efficacia dei viali, sono da prevedere interventi nelle porzioni perimetrali delle CA e IB; iv) Scenario **TRADE-OFF**: una pianificazione che cerca un compromesso fra BAU e BIO. In questo scenario il metodo consiste nell'integrare la migliore localizzazione prevista per gli scenari BAU e BIO, **mantenendo costante l'1%** della superficie complessiva trattabile.

2 Prevenzione incendi e conservazione della biodiversità a scala di popolamento

2.1 Linee guida di prevenzione incendi per l'habitat 9260

2.1.1 Sensibilità dell'habitat 9260 al disturbo da fuoco

Infiammabilità: I castagneti sono una categoria forestale che presenta una selettività variabile da parte del fuoco (i.e. superficie bruciata sulla superficie bruciabile). Nelle Alpi italiane sono una delle categorie forestali maggiormente percorse dal fuoco (Valese et al. 2011), mentre nelle zone appenniniche le superfici bruciate relative sono minori. Queste differenze fra le due aree geografiche sono da attribuirsi prevalentemente al regime climatico e non tanto alla infiammabilità del complesso di combustibile. L'infiammabilità della lettiera del castagno è relativamente alta rispetto ad altre lettieri di latifoglia in quanto abbondante (Ascoli et al. 2020), a foglia lunga, con degradabilità minore rispetto ad altre latifoglie, e porosa durante periodi secchi e con vento. Al contrario, la chioma viva durante il periodo vegetativo non è infiammabile e non sostiene l'incendio di chioma. In estate, quando i castagneti sono in buone condizioni sanitarie e hanno una copertura densa, possono costituire una fascia tagliafuoco naturale in quanto presentano una umidità maggiore rispetto ad altre stagioni. In inverno invece sono più infiammabili ed esposti al disturbo da fuoco, in quanto la lettiera è a terra e non è presente una copertura che limita le escursioni di umidità e l'azione del vento. I castagneti sono particolarmente infiammabili in presenza di sottobosco con ericacee (es. *Erica arborea*, *Calluna vulgaris*), felci, o accumuli di necromassa a seguito di fasi di invecchiamento, deperimento e ribaltamento delle ceppaie.

Adattamenti al fuoco: gli individui di castagno presentano una bassa resistenza al disturbo da fuoco soprattutto in fase giovanile, a causa del ridotto spessore della corteccia. Tuttavia, con l'aumentare dell'età e del diametro, il fusto acquisisce caratteri di resistenza grazie soprattutto all'ispessimento della corteccia, più marcato nei primi metri alla base e in grado di conferire una buona protezione dal fuoco di superficie. I fusti di castagno, inoltre, presentano una buona capacità di formare il callo cicatriziale per coprire cicatrici dovute alla necrosi dei tessuti meristematici, anche in presenza di ripercorrenze nel tempo dell'incendio (**Figura 1**). Il castagno è sensibile alle scottature della chioma. La capacità di recuperare dopo un incendio è alta grazie alla elevata capacità di ricaccio che consente a questa specie di ricostituire velocemente la capacità fotosintetica e la copertura del suolo. Per quanto riguarda castagni malati con necrosi, il fuoco penetra nel loro tronco o all'interno delle ceppaie con lunghi tempi di residenza e quindi diviene in grado di danneggiare la ceppaia e compromettere la capacità di ricaccio.



Figura 1 - Cicatrici multiple da fuoco su un fusto di castagno (sinistra); ricacci basali ed epicormici post-incendio in un ceduo invecchiato di castagno percorso dal fuoco (destra).

2.1.2 Prescrizioni selvicolturali interne alle IB e alberi Habitat

In questo paragrafo viene valutata la **coerenza fra gli obiettivi e le prescrizioni selvicolturali** del documento di progetto **“Biodiversity Islands intervention protocol”** (WP3 – Tools for CNF management) ed i **principi di prevenzione incendi**. La valutazione è stata eseguita articolando questa per obiettivi di intervento (OB1-OB6), così come proposto nel documento **“Biodiversity Islands intervention protocol”**. Attenzione particolare è stata posta all'obiettivo OB1 -Puntare a una struttura di massima funzionalità teorica al fine di comprendere quali pratiche selvicolturali, proposte nelle IB secondo l'applicazione del modello H (Simini et al. 2010, Anfodillo et al. 2013), siano da ritenersi favorevoli nell'ottica di incrementare l'autoresistenza dei popolamenti agli incendi e quali, in opposto, siano da considerarsi in parziale o totale contrasto rispetto a tale obiettivo. Questa valutazione viene integrata da una analisi del comportamento potenziale del fuoco a seguito di diversi scenari di intervento selvicolturale (**vedi paragrafo 2.1.3**). Al fine di rendere più completa la comprensione dell'analisi fatta, ogni obiettivo selvicolturale viene introdotto da una sintesi delle informazioni contenute nel documento.

OB1. Puntare a una struttura di massima funzionalità teorica

Il **modello H** (Simini et al., 2010, Anfodillo et al., 2013) rappresenta un'applicazione dell'approccio allometrico che consente di quantificare quanto l'attuale struttura del bosco si discosta dalla condizione di funzionalità massima teorica. Il modello rappresenta uno strumento generale e universale, applicabile a tutte le foreste (**“Biodiversity Islands intervention protocol”** - BOX1). In base a questo modello, è possibile stimare la distribuzione diametrica di un popolamento in grado di ottimizzare le risorse che si avrebbero in un bosco con caratteristiche naturali avanzate. Gli interventi messi in atto dal progetto GoProForMed mirano a orientare i popolamenti oggetto di intervento verso una struttura più complessa, rappresentata dalla distribuzione diametrica di riferimento ricavata dal modello H per ciascuno degli habitat target. Per rendere questo criterio più comprensibile e facile da applicare, la valutazione sulla struttura viene effettuata sulla base di 4 classi dimensionali (**Tabella 2**).

Tabella 2 - Classi dimensionali definite dal modello H e range diametrici di riferimento

Categories	Saplings	Poles	Large	Very large
Diameter classes (cm)	10-15 (7,5-17,5)	20-35 (17,5-37,5)	40-55 (37,5-57,5)	>60 (> 57,5)

Dal confronto tra la distribuzione in classi di diametro di riferimento proposta dal modello H e la distribuzione attuale osservata nei popolamenti delle IB mediante indagini strutturali, è possibile determinare le caratteristiche dell'intervento selvicolturale in termini di numero di piante per ettaro da tagliare o da sottoporre a cercinatura. L'intervento prevede di rilasciare in bosco tutte le piante tagliate senza allestire ed esboscare la ramaglia. Il modello H elaborato per l'Habitat 9260 è quello di seguito riportato in **Tabella 3**.

Tabella 3- Distribuzione diametrica potenziale per l'Habitat 9260

Categories	Saplings	Poles	Large	Very large
Diameter classes (cm)	10-15	20-35	40-55	>60
Habitat 9260	32%	42%	13%	13%

L'obiettivo di equilibrio diametrico di riferimento proposto dal modello H nelle IB viene raggiunto con i seguenti interventi che possono essere coerenti o in contrasto con i principi di prevenzione incendi.

Intervento selvicolturale: eliminazione mediante taglio o cercinatura delle piante sovranumerali rispetto al modello H di riferimento per l'habitat.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: questo intervento può essere in parziale o totale contrasto ai fini della prevenzione incendi in funzione delle caratteristiche del materiale legnoso ottenuto con il taglio e della sua destinazione. Il rilascio di piante abbattute sul letto di caduta può infatti rappresentare una criticità se questo innalza il carico di combustibile nel popolamento in modo significativo (vedi paragrafo 2.1.3).

Intervento selvicolturale: conservazione o facilitazione delle piante appartenenti alle classi diametriche sottonumerali.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: questa indicazione selvicolturale è da ritenersi positiva ai fini della prevenzione incendi ogni qualvolta si operi a favore delle classi Large e Very large, poiché consente di favorire la densità di piante con caratteristiche di resistenza individuale più marcate (es. maggior spessore di corteccia). Diversamente, quando implica una selezione a favore delle classi diametriche inferiori (Poles) a scapito di quelle superiori, il rischio può risiedere nel favorire individui di castagno con una corteccia più sottile e più soggetti alle ustioni della chioma se sottoposto un fuoco di superficie (Massaiu & Tiger 2022).

Intervento selvicolturale: selezione di individui di dimensioni maggiori di una classe se quella successiva è sottonumerale rispetto al modello.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: la selezione a carico degli individui più sviluppati diametricamente all'interno di ogni classe del modello H è da considerarsi una pratica favorevole ai fini della prevenzione poiché comporta, in genere, la selezione di individui che per vigoria e/o fattori stagionali hanno una posizione sociale dominante rispetto agli altri individui della stessa classe diametrica. Questo aspetto si ripercuote sulle caratteristiche morfologiche della pianta che, più facilmente, manifesta caratteristiche di resistenza individuale più marcati. Inoltre, tale scelta, porta il popolamento nel suo complesso ad avere, al suo interno nel tempo, individui con diametri più elevati.

Intervento selvicolturale: creazione di condizioni favorevoli all'insediamento della rinnovazione o allo sviluppo di quella esistente se la classe "saplings" risulta poco rappresentata.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: le relazioni esistenti tra la prevenzione incendi e la creazione di aperture vengono analizzate nell'ambito dell'obiettivo OB6 (Favorire la presenza di aree

aperte e di specie erbacee e arbustive in fiore). L'applicazione di pratiche a favore dello sviluppo di individui appartenenti alla classe "saplings" per il castagno è da ritenersi una pratica indifferente ai fini della prevenzione incendi, dato che per questa specie non sostiene l'incendio di chioma. Questa classe diametrica, essendo caratterizzata da una corteccia più sottile e chiome portate nella parte più bassa del fusto è più soggetta alla scottatura di chioma a seguito di un fuoco di superficie ed al danneggiamento del cambio. Inoltre, la mortalità per selezione naturale sulle ceppaie può portare all'accumulo di combustibile a terra di minor diametro. Poiché però si tratta di favorire uno stadio evoluti carente si presuppone una sua presenza limitata e localizzata nel popolamento forestale.

OB2. Promuovere la presenza di alberi molto grandi (VLT) (diametri > 57.5 cm)

I grandi alberi svolgono una ampia gamma di ruoli ecologici, influenzando il regime idrologico, il ciclo dei nutrienti e numerosi altri processi ecosistemici (Lindenmayer & Laurance 2016). Svolgono inoltre un ruolo fondamentale fornendo habitat per molte specie vegetali e animali grazie ai loro microhabitat, alle dimensioni e alle ampie chiome, che offrono riparo, cibo e siti di riproduzione per molte specie, in particolare per le specie epifite e per gli uccelli e i pipistrelli che nidificano in cavità (Mollet et al. 2013; Hofmeister et al. 2015), contribuendo così alla biodiversità forestale (Emberger et al. 2016). I seguenti interventi possono essere coerenti o in contrasto con i principi di prevenzione incendi nelle IB.

Intervento selvicolturale: preservare gli alberi VLT esistenti.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: il rilascio di piante caratterizzate da un notevole sviluppo diametrico (diametri > 57.5 cm) è da considerarsi favorevole nell'ottica dell'incremento della resistenza e resilienza del popolamento al disturbo da fuoco. Le piante con un elevato diametro sono caratterizzate da tratti funzionali che ne aumentano la resistenza al fuoco quali lo spessore della corteccia e l'altezza di inserzione della chioma, che tendono ad aumentare con l'età e il vigore dell'albero. Inoltre, l'apparato radicale approfondendosi con lo sviluppo della pianta nel tempo diviene più resistente alla residenza del fronte di fiamma rispetto ad un sistema radicale sistema superficiale (Massiau & Gaulier 1999).

Intervento selvicolturale: candidare un certo numero di alberi per favorirne la crescita nei soprassuoli più giovani attraverso un diradamento selettivo estensivo, declinato secondo più specifici obiettivi.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (1- nello stadio "Poles" sono da favorire le candidate con buona stabilità meccanica ($H/DBH < 80$)): la ricerca di piante con un favorevole rapporto di sviluppo tra altezza e diametro è da considerarsi un aspetto favorevole ai fini della prevenzione incendi per diversi aspetti. Piante più stabili sono piante che con minor probabilità possono essere soggette a fenomeno di schianto a terra o di troncatura del fusto con quindi una riduzione della probabilità di un accumulo indesiderato di necromassa al suolo o, in caso di ribaltamento parziale, creazione di una indesiderata scala di combustibile tra strati inferiori e strati superiori del popolamento forestale. Le piante meccanicamente più stabili possono essere elementi strutturali del popolamento utili ai fini degli interventi selvicolturali di prevenzione che possano prevedere la creazione di aperture (fessure o buche) finalizzate al favorire la dissipazione del calore d'incendio e di una modifica della dinamica. Le piante stabili sono infatti ottimi elementi strutturali da selezionare come margine della fessura: il loro parziale isolamento non ne preclude infatti la stabilità meccanica garantendo nel tempo forma e dimensione dell'apertura creata.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (2- nello stadio "Poles" sono da favorire le candidate con buona profondità di chioma ($1/3$ dell'altezza)): questa specie non è soggetta ad incendio di chioma per cui la presenza di rami anche nella porzione medio bassa del fusto non rappresenta un fattore di criticità ai fini della propagazione dell'incendio

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (3- nello stadio “Poles” sono da favorire le candidate con chioma sviluppata e simmetrica): la ricerca di piante con un armonico sviluppo della chioma è da considerarsi un aspetto favorevole ai fini della prevenzione incendi per diversi aspetti. Piante con tali caratteristiche sono più stabili quando soggette a sollecitazioni quale vento o carico nevoso con conseguente minor probabilità di essere soggette a fenomeno di schianto a terra o di troncatura del fusto e conseguente accumulo indesiderato di necromassa al suolo o, in caso di ribaltamento parziale, creazione di una indesiderata scala di combustibile tra strati inferiori e strati superiori del popolamento forestale. Inoltre, piante con chioma equilibrata rappresentano elementi strutturali favorevoli qualora si desideri fare interventi finalizzati al raggiungimento di una irregolarità strutturale anche ai fini della prevenzione incendi quali, ad esempio, apertura di fessure o buche.

Intervento selvicolturale: candidare un certo numero di alberi per favorirne la crescita nei soprassuoli ad uno stadio evolutivo più avanzato attraverso un approccio di selvicoltura ad albero, declinato secondo più specifici obiettivi.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (1- nello stadio “Large category” sono da favorire le candidate con diametro superiore nell’ambito dello stadio (37.5-57.5 cm)): la ricerca di piante candidate nelle classi diametriche superiori è da ritenersi favorevole ai fini della prevenzione incendi poiché le piante caratterizzate da un elevato sviluppo diametrico si caratterizzano per possedere in genere elementi morfologici favorevoli alla loro resistenza nei confronti del passaggio del fuoco quali ad esempio lo spessore della corteccia, che tende ad aumentare con l’età e il vigore dell’albero (Massaiu & Gaulier 1999) e l’apparato radicale che, approfondendosi con lo sviluppo della pianta nel tempo un diviene più resistente rispetto ad un sistema radicale sistema superficiale (Massaiu & Gaulier 1999).

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (2- favorire le candidate con effettiva concorrenza diretta): l’applicazione di un intervento selvicolturale che operi con la finalità di ridurre la concorrenza diretta a carico di una pianta implica una riduzione del contatto diretto tra le chiome, aspetto da ritenersi non particolarmente rilevante nelle dinamiche di incendio di questa specie, non essendo interessata da incendi di chioma. La creazione di una irregolarità della copertura delle chiome è comunque da ritenersi un aspetto favorevole rispetto alla dinamica dell’incendio consentendo una maggior dissipazione del calore d’incendio rispetto ad una situazione di copertura colma e continua delle chiome.

Intervento selvicolturale: candidare, quando presente una strutturazione per gruppi, un insieme di piante vicine attuando un intervento a favore dell’intero gruppo (da trattare quindi come unico candidato).

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: la strutturazione per gruppi nell’ambito di questa specie è da definirsi a scala di rilascio di più ceppaie nel loro insieme più che di singole piante, data l’origine prevalentemente cedua dei popolamenti. Il rilascio di più ceppaie ravvicinate, soprattutto nel caso di cedui invecchiati, potrebbe richiedere un diradamento sulla ceppaia dei polloni morti e delle piante deperienti se la dinamica di selezione e mortalità dei polloni all’interno dei gruppi può dare origine ad un accumulo di combustibile non desiderato.

Intervento selvicolturale: candidare le specie autoctone meno rappresentate nel popolamento purché in grado di potersi sviluppare come individuo arboreo di grandi dimensioni.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: il rilascio di specie diverse dalla specie principale è aspetto da considerarsi sempre positivo nell’ottica dell’incremento dell’auto resistenza dei popolamenti poiché una maggior ricchezza specifica è garanzia di una maggior differenziazione del popolamento nei confronti del fuoco, sia in termini di capacità di resistenza che in termini di capacità di reazione post-disturbo quali

ad esempio capacità di ricaccio da gemme o capacità di produzione di seme. Nell'ambito della fascia vegetazionale del castagno sono specie da favorire in tal senso pioppi, salici e betulle per la loro capacità di emettere polloni numerosi e vigorosi.

Intervento selvicolturale: candidare le specie autoctone meno rappresentate nel popolamento localizzate in posizioni particolari (es. in prossimità di aperture o condizioni edafiche particolari).

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: il rilascio di specie diverse dalla specie principale è aspetto da considerarsi sempre positivo nell'ottica dell'incremento dell'auto resistenza dei popolamenti poiché una maggior ricchezza specifica è garanzia di una maggior differenziazione del popolamento nei confronti del fuoco, sia in termini di capacità di resistenza che in termini di capacità di reazione post-disturbo quali ad esempio capacità di ricaccio da gemme o capacità di produzione di seme. Il loro rilascio in situazioni stagionali particolari dell'IB esalta inoltre le potenzialità di sviluppo delle specie minoritarie in particolari condizioni locali a favore di un'eterogeneità e ricchezza. La localizzazione delle specie sporadiche in condizioni diverse dalla condizione prevalente del popolamento può essere inoltre elemento di diversificazione del comportamento dell'incendio.

OB3. Favorire la presenza di alberi habitat

Nell'ambito del progetto un Habitat Tree (HT) è definito come “un albero vivente in piedi che, nel suo stato attuale, ricade in queste situazioni:

- almeno un dendromicrohabitat (TreM) presente nella lista dei dendromicrohabitat “prioritari”;
- almeno un dendromicrohabitat (TreM) che risulta essere meno frequente all'interno del sito;
- almeno 3 dendromicrohabitat (TreM).

Gli alberi Habitat sono considerati di primaria importanza per la biodiversità forestale, in quanto forniscono nicchie ecologiche (microhabitat arborei) per la flora e la fauna forestale, talvolta altamente specializzate, per almeno una parte della loro vita e (Bütler et al., 2013; Bütler et al., 2016; Directorate-General for Environment, 2023). La corretta identificazione, protezione e gestione di questi alberi è essenziale per preservare la funzione ecologica e la complessità strutturale delle foreste nel lungo periodo. I seguenti interventi messi in atto possono essere coerenti o in contrasto con i principi di prevenzione incendi nelle IB.

Intervento selvicolturale: garantire una maggior longevità della pianta con dendromicrohabitat attraverso un diradamento selettivo a suo favore che riduca la concorrenza diretta da parte di piante appartenenti al piano dominante o codominante consentendo un maggior arrivo di luce nel piano delle chiome

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: l'applicazione di un intervento selvicolturale che operi con la finalità di ridurre la concorrenza diretta a carico di una pianta implica una riduzione del contatto diretto tra le chiome, aspetto da ritenersi non particolarmente rilevante nelle dinamiche di incendio di questa specie, non essendo interessata da incendi di chioma. La creazione di una irregolarità della copertura delle chiome è comunque da ritenersi un aspetto favorevole rispetto alla dinamica dell'incendio consentendo una maggior dissipazione del calore d'incendio rispetto ad una situazione di copertura colma e continua delle chiome.

Intervento selvicolturale: arricchire la complessità strutturale del popolamento in prossimità della loro presenza riducendo fortemente la densità della foresta in contiguità di TreM che ospitano uccelli o pipistrelli, in modo da rendere questi alberi più favoriti per queste specie faunistiche.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: questa pratica può divenire un elemento di criticità ai fini della prevenzione incendi se la riduzione della densità delle piante poste in prossimità della pianta TreM prevede un abbattimento delle piante stesse e loro rilascio sul letto di caduta. Questo accumulo di necromassa in prossimità della candidata può rappresentare un accumulo di combustibile potenziale critico ai fini della permanenza del fuoco in prossimità del fusto della candidata e del calore irraggiato verso la chioma sovrastante.

Intervento selvicolturale: includere nell'elenco dei TreM anche le matricine della pregressa gestione a ceduo anche se prive di dendromicrohabitat e favorire la loro vitalità e permanenza con interventi selvicolturali attuati a loro favore poiché sono ottime potenziali piante TreM.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: la selezione di matricine come piante candidate a divenire futuri TreM è da ritenersi una pratica favorevole nell'ottica della prevenzione incendi poiché vengono favorite piante caratterizzate da uno sviluppo, sia diametrico che in altezza, superiore alla prevalenza delle piante del popolamento. Tali piante hanno quindi più probabilità di possedere caratteri di autoresistenza quali corteccia più spessa, apparato radicale più profondo e sviluppo di chioma più equilibrato.

OB4. Favorire la diversità specifica del bosco

È stato dimostrato in diversi studi che la composizione delle specie arboree nei popolamenti forestali è un fattore determinante per la biodiversità associata alle foreste in diversi studi (Penone et al., 2019; Ampoorter et al., 2020). La diversità specifica garantisce una più ampia varietà di frutti, semi, fiori e fogliame disponibili come fonti di cibo per la fauna selvatica (Emberger et al., 2016). Inoltre, molti studi hanno fornito ampie prove del fatto che la diversità specifica degli alberi in bosco può influenzare processi ecosistemici chiave come la produzione di biomassa, il ciclo dei nutrienti e la regolazione dei parassiti (Cardinale et al., 2012; Emberger et al., 2016). Infine, esiste una relazione positiva tra diversità specifica e resilienza; i sistemi più diversificati in composizione specifica che mostrano una maggior resilienza rispetto alla dinamica dei disturbi (Silva et al., 2015). I seguenti interventi messi in atto possono essere coerenti o in contrasto con i principi di prevenzione incendi nelle IB.

Intervento selvicolturale: favorire una maggior ricchezza specifica rilasciando tutti gli alberi appartenenti a specie sporadiche.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: il rilascio di specie sporadiche è aspetto da considerarsi sempre positivo nell'ottica dell'incremento dell'auto resistenza dei popolamenti poiché una maggior ricchezza specifica è garanzia di una maggior differenziazione del popolamento nei confronti del fuoco, sia in termini di capacità di resistenza che in termini di capacità di reazione post-disturbo quali ad esempio capacità di ricaccio da gemme o capacità di produzione di seme.

Intervento selvicolturale: favorire accrescimento e sviluppo delle piante appartenenti a specie sporadiche caratterizzate da una buona vigoria riducendo la concorrenza diretta delle altre piante con un diradamento selettivo.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: l'applicazione di un intervento selvicolturale che operi con la finalità di ridurre la concorrenza diretta a carico di una pianta implica una riduzione del contatto diretto

tra le chiome, aspetto da ritenersi non particolarmente rilevante nelle dinamiche di incendio di questa specie, non essendo interessata da incendi di chioma. La creazione di una irregolarità della copertura delle chiome è comunque da ritenersi un aspetto favorevole rispetto alla dinamica dell'incendio consentendo una maggior dissipazione del calore d'incendio rispetto ad una situazione di copertura colma e continua delle chiome

OB5. Favorire una struttura verticale eterogenea

La diversità e lo sviluppo degli strati verticali influenzano strettamente la biodiversità forestale, creando diverse condizioni ecologiche e nicchie che vengono utilizzate di preferenza da diverse specie vegetali e animali (Puimalainen 2001; Basile et al. 2016; Emberger et al. 2016). I seguenti interventi messi in atto possono essere coerenti o in contrasto con i principi di prevenzione incendi nelle IB.

Intervento selvicolturale: articolare la struttura verticale nell'ambito degli interventi a favore delle candidate operando un diradamento dall'alto a carico delle dirette concorrenti di chioma senza intervenire sul piano dominato.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: l'applicazione di un intervento selvicolturale che operi con la finalità di ridurre la concorrenza diretta a carico di una pianta implica una riduzione del contatto diretto tra le chiome, aspetto da ritenersi non particolarmente rilevante nelle dinamiche di incendio di questa specie, non essendo interessata da incendi di chioma. La creazione di una irregolarità della copertura delle chiome è comunque da ritenersi un aspetto favorevole rispetto alla dinamica dell'incendio consentendo una maggior dissipazione del calore d'incendio rispetto ad una situazione di copertura colma e continua delle chiome. La presenza di un piano dominato non rappresenta in queste formazioni una criticità rispetto alla dinamica dell'incendio (scala di combustibili) ma può rappresentare un elemento critico se valutato come fattore che, nel medio lungo periodo, può dare origine, per una dinamica di mortalità, a critici accumuli al suolo di combustibile. Diviene quindi rilevante valutare distribuzione spaziale e vitalità del piano dominato.

Intervento selvicolturale: articolare la struttura verticale nell'ambito degli interventi a favore di candidate di specie sporadiche appartenenti al piano dominato applicando un intervento di diradamento che riduca la densità per piccole aree di intervento così da creare una irregolarità spaziale della copertura.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: interventi selvicolturali che operano modificando la struttura orizzontale del piano dominato, operando a favore di specie sporadiche, sono da considerarsi favorevoli ai fini della prevenzione incendi poiché incrementano una eterogeneità strutturale orizzontale del piano stesso con un criterio spaziale non uniforme, basato sulla distribuzione delle specie sporadiche. Questo può consentire quindi di ridurre le criticità legate alla mortalità diffusa ed uniforme del piano dominato con conseguente rischio di accumulo di necromassa al suolo nel tempo. Le favorevoli condizioni di luce create attorno alla pianta di specie sporadica, consentendo uno sviluppo più armonico della chioma, sono da considerarsi, nel lungo periodo, un fattore determinante nello sviluppo di una candidata capace di divenire una portaseme di valore nell'ottica di una dinamica di ricolonizzazione post disturbo incendio.

OB6. Favorire la presenza di aree aperte e di specie erbacee e arbustive in fiore.

Le aree aperte nelle foreste aumentano la diversità del paesaggio influenzando la composizione e l'abbondanza delle specie di insetti (De Groot et al., 2016). Le specie faunistiche forestali utilizzano facoltativamente questi spazi vuoti per le risorse alimentari, grazie alla maggiore presenza di presenza di

fioriture o per la riproduzione (Chiari et al. 2013; Emberger et al. 2016; Gittings et al. 2006; Hardersen et al. 2012). Le grandi aree aperte sono cruciali per aumentare la biodiversità, mentre le aree più piccole sono preferibili per la conservazione delle specie (De Groot et al., 2016). I seguenti interventi messi in atto possono essere coerenti o in contrasto con i principi di prevenzione incendi nelle IB.

Intervento selvicolturale: garantire la presenza di aree aperte per una superficie complessiva compresa tra 200-400 m²/ha, possibilmente distribuite in due unità (questo valore comprende aree aperte già eventualmente presenti).

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: la presenza di aree aperte prive di alberi è da considerarsi aspetto favorevole ai fini della prevenzione incendi poiché consente di modificare la dinamica di un incendio. Per le aperture delle dimensioni proposte tale dinamica è limitata alla riduzione di calore nello strato occupato dal popolamento per risalita verso l'alto dell'aria calda, che nelle aperture, trova una via preferenziale di uscita verso l'alto.

Intervento selvicolturale: favorire la creazione di aree aperte riducendo per quanto possibile l'impatto prodotto dalla loro creazione operando in punti del sito con caratteristiche predisponenti es. presenza di margini già presenti, presenza di aree rocciose limitrofe a quella di intervento, aprendo piccole buche che successivamente saranno ampliate in direzione della luce favorevole.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: l'ampliamento di aperture a partire da situazioni favorevoli già presenti nel popolamento quali margini stabili prodotti da piante cresciute in popolamenti con minor densità, zone rocciose, creste o impluvi è da ritenersi una pratica favorevole ai fini della prevenzione incendio poiché, operando a partire da condizioni strutturali o morfologiche pre-esistenti, consente di ridurre il rischio di ingenerare nel popolamento una condizione di instabilità meccanica cui può seguire una fase di crollo o schianto delle piante con conseguente accumulo di necromassa al suolo.

Intervento selvicolturale: creare aperture in popolamenti con copertura densa e continua limitando la superficie unitaria a 100 m² ed abbinando a questo taglio un diradamento nel popolamento limitrofo al margine per favorire l'ingresso di luce diffusa al suolo.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: ai fini della prevenzione incendio la creazione di queste aperture in popolamenti di castagno è da ritenersi una pratica non rilevante poiché la ridotta superficie delle aperture prodotte non ha effetti sulla dinamica dell'incendio. Il diradamento proposto sul rimanente popolamento, al fine di favorire l'ingresso di luce diffusa, va nella direzione di una articolazione strutturale da ritenersi sempre favorevoli ai fini dell'incremento della resistenza e della resilienza dei popolamenti come già indicato negli obiettivi precedentemente analizzati. L'effetto indotto in tal senso sarà in funzione dell'intensità del diradamento e sulla sua modalità di attuazione.

Intervento selvicolturale: scoraggiare la diffusione di specie alloctone eventualmente presenti evitando di creare aperture in prossimità di queste per non favorirne la proliferazione sia per via agamica e gamica.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: ai fini della dinamica di ricostituzione post incendio, favorevole alle specie pioniere eliofile, l'assenza o scarsità di piante portaseme di specie alloctone è elemento determinante nella ricostituzione di un popolamento caratterizzato dalle specie tipiche della fascia vegetazionale di appartenenza.

Intervento selvicolturale: evitare la creazione di aperture nei popolamenti di latifoglie molto giovani per evitare un riscoppio delle ceppaie con produzione di polloni che rapidamente, sviluppandosi, ricopriranno il suolo impedendo l'ingresso di specie erbacee.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: l'adozione di questa pratica nei popolamenti di castagno è da ritenersi favorevole poiché in contrasto con la produzione di accumuli di combustibile al suolo e di lettiera indotti dalla dinamica di selezione e mortalità che avviene tra i giovani polloni della ceppaia.

OB7. Aumentare la quantità di legno morto a terra e in piedi.

Si stima che tra il 20 e il 40% delle piante forestali, animali e funghi dipendono dal legno morto o morente in almeno una fase del loro ciclo vitale (Bauhus et al. 2019; Emberger et al. 2016). Il mantenimento di diverse qualità di legno morto in termini di specie arborea, diametro, classe di decomposizione e tipo (in piedi o a terra) ha un effetto positivo sulla conservazione delle comunità di specie saproxiliche (Lachat et al. 2013). Inoltre, il legno morto non è solo riconosciuto come un elemento chiave per le specie saproxiliche, ma è anche noto per la sua importante funzione nel rilascio di nutrienti e nella ritenzione idrica (Lachat et al. 2013). Per quanto riguarda le dimensioni del legno morto, le dimensioni maggiori sono state identificate come essenziali per la conservazione delle specie saproxiliche per diversi motivi: essendo più eterogenee, offrono più nicchie ecologiche e microhabitat, che a loro volta influenzano la diversità delle specie saproxiliche (Lachat et al. 2013); le dimensioni influenzano la stabilità delle condizioni microclimatiche e la disponibilità della risorsa, poiché il legno morto di grandi dimensioni si decompone più lentamente, rimanendo disponibile per un periodo più lungo, influenzando lo sviluppo larvale e lo sviluppo di diversi stadi di decomposizione (Gossner et al. 2013; Motta 2020). Il legno morto in piedi è importante per i pipistrelli e gli uccelli, che sfruttano questi elementi strutturali per l'alimentazione e la nidificazione o il roosting (Rigo et al. 2024); inoltre, gli elementi di grandi dimensioni sono normalmente scarsi nelle foreste gestite, e diventa fondamentale preservarli (Gossner et al. 2013; Lachat et al. 2013). Ai fini del progetto il diametro minimo considerato è di 17.5 cm (Emberger et al. 2016) e la quantità target minima è di 20 m³/ha (Micò et al. 2022). I seguenti interventi messi in atto possono essere coerenti o in contrasto con i principi di prevenzione incendi nelle IB.

Intervento selvicolturale: non rimuovere dalle aree di intervento il legno prodotto con i tagli.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: il rilascio totale della massa legnosa che si accumula a terra in seguito ad intervento selvicolturale è da valutare attentamente sia sulla base del rischio incendio della singola IB sia sulla base del volume rilasciato e delle dimensioni di questo. A tal fine le considerazioni devono basarsi sulla quantità, distribuzione spaziale e qualità della necromassa prodotta con gli interventi aventi l'obiettivo del raggiungimento dell'equilibrio diametrico proposto dal modello H al quale si rimanda per le considerazioni emerse in merito.

Intervento selvicolturale: ottimizzare una differenziazione, sia attraverso il taglio che la cercinatura, del legno morto, declinato secondo più specifici parametri.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (1- parametro densità rilascio): la diversificazione della necromassa in termini di spaziali (insieme di piante ravvicinate o per piante isolate) è da valutarsi ai fini del rischio incendio sulla base dello sviluppo diametrico delle piante ossia della tipologia di combustibile che viene rilasciato a terra. La produzione di elementi della necromassa di diametro medio-elevato non rappresenta infatti una criticità ai fini della prevenzione incendi per cui un eventuale accumulo di tali elementi non rappresenta una criticità. Maggior attenzione è da porsi alla gestione della ramaglia in tal senso.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (2- parametro esposizione alla luce): il rilascio di combustibile in diverse condizioni di luce è da considerarsi un fattore favorevole ai fini della prevenzione incendio poiché le diverse condizioni di luce inducono nel legno a terra un diverso grado di umidità e quindi un diverso grado di infiammabilità, a parità di diametro.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (3- parametro umidità): il rilascio di combustibile in diverse condizioni di umidità è da considerarsi un fattore favorevole ai fini della prevenzione incendio poiché le diverse condizioni inducono nel legno a terra un diverso grado di infiammabilità, a parità di diametro.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (4- parametro spazialità): un rilascio della necromassa al suolo uniformemente distribuito in termini spaziali è, ai fini della prevenzione incendi, una criticità poiché crea un presupposto di continuità del combustibile e quindi del potenziale fronte di fiamma.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (5- parametro tipologia): ai fini della tipologia di rilascio diviene rilevante la valutazione, per i tronchi a terra, del diametro degli elementi accumulati mentre per le piante morte in piedi questo aspetto non è rilevante.

Intervento selvicolturale: applicare la tecnica della cercinatura, declinato secondo più specifici obiettivi

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (1- favorire la messa in luce graduale della chioma di una pianta candidata causando la morte graduale della concorrente diretta evitando un improvviso isolamento con conseguenti problemi di stabilità): l'attuazione di questa pratica non rappresenta una criticità per i castagneti poiché per queste formazioni non sussiste il problema della dinamica di incendio di chioma e quindi la presenza di una chioma morta posta in prossimità di una candidata non è da considerarsi una criticità.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (2- evitare il danneggiamento di una pianta candidata con l'abbattimento della pianta concorrente posta nelle vicinanze): l'attuazione di questa pratica non rappresenta una criticità per i castagneti poiché per queste formazioni non sussiste il problema della dinamica di incendio di chioma.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (3- favorire il deperimento di piante senescenti di grosse dimensioni): la creazione di piante morte in piedi attraverso la tecnica della cercinatura può rappresentare un elemento di criticità se tali piante, una volta morte, possono diventare fattori critici ai fini dell'incendio, favorendone la propagazione. Un individuo senescente o morto di grosse dimensioni può presentare cavità favorevoli alla combustione per presenza di lettiera o legno decomposto. In tali situazioni, la permanenza prolungata dell'incendio può dare origine ad inneschi secondari.

Intervento selvicolturale: favorire la differenziazione della tipologia di legno morto tagliando le ceppaie ad una altezza di 1 metro, così che possano anche essere elementi di ancoraggio del legno morto prodotto e posto a terra nei siti con rischio di erosione del suolo.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: questa pratica è da considerarsi indifferente ai fini della dinamica degli incendi poiché la presenza di ceppaie tagliate alte non è una criticità rispetto alla propagazione o persistenza di un incendio nel popolamento.

In **Tabella 4** vengono sintetizzati, per singolo OB e singola prescrizione, i risultati dell'analisi e relative eventuali precisazioni.

Tabella 4 - Tabella di sintesi degli effetti degli interventi selvicolturali proposti ai fini della conservazione della biodiversità sugli aspetti relativi alla prevenzione incendi per l'Habitat 9260

prescrizioni	Habitat 9260	precisazioni
OB1. Puntare a una struttura di massima funzionalità teorica		
eliminando con il taglio o la cernatura le piante sovranumerali rispetto al modello H di riferimento per l'habitat	potenziale contrasto	in funzione dell'intensità del prelievo e del rilascio dei tronchi a terra
conservando o favorendo quelle appartenenti alle classi diametriche sottonumerali.	potenziale contrasto	se attuato a scapito delle piante Large e Very large
selezionando gli individui di dimensioni maggiori di una classe se quella successiva è sottonumerale rispetto al modello.	favorevole	
favorendo la creazione di condizioni favorevoli all'insediamento della rinnovazione o allo sviluppo di quella esistente se la classe "saplings" risulta poco rappresentata.	indifferente	
OB2. Promuovere la presenza di alberi molto grandi (VLT) (diam>57.5 cm)		
preservare gli alberi VLT esistenti	favorevole	
candidare un certo numero di alberi per favorirne la crescita nei soprassuoli più giovani attraverso un diradamento selettivo estensivo. Nello stadio "Poles" sono da favorire le candidate:		
i) con buona stabilità meccanica (H/DBH<80),	favorevole	
ii) con buona profondità di chioma (1/3 dell'altezza)	indifferente	
iii) con chioma sviluppata e simmetrica	favorevole	
candidare un certo numero di alberi per favorirne la crescita nei soprassuoli ad uno stadio evolutivo più avanzato attraverso un approccio di selvicoltura ad albero. Nello stadio "Large category" sono da favorire le candidate:		
i) con diametro superiore nell'ambito dello stadio (37.5-57.5 cm)	favorevole	
ii) con effettiva concorrenza diretta	favorevole	
candidare, quando presente una strutturazione per gruppi, un insieme di piante vicine attuando un intervento a favore dell'intero gruppo (da trattare quindi come unico candidato)	favorevole	
candidare le specie autoctone meno rappresentate nel popolamento purché in grado di potersi sviluppare come individuo arboreo di grandi dimensioni	favorevole	
candidare le specie autoctone meno rappresentate nel popolamento localizzate in posizioni particolari (es. in prossimità di aperture o condizioni edafiche particolari)	favorevole	
OB3. Favorire la presenza di alberi habitat		
garantire una maggior longevità della pianta con dendromicrohabitat attraverso un diradamento selettivo a suo favore che riduca la concorrenza diretta da parte di piante appartenenti al piano dominante o codominante consentendo un maggior arrivo di luce nel piano delle chiome	favorevole	
arricchire la complessità strutturale del popolamento in prossimità della loro presenza riducendo fortemente la densità della foresta in contiguità di TreM che ospitano uccelli o pipistrelli, in modo da rendere questi alberi più favoriti per queste specie faunistiche.	potenziale contrasto	in funzione del rischio di accumulo di combustibile potenziale critico in prossimità della TreM
includere nell'elenco dei TreM anche le matricine della pregressa gestione a ceduo anche se prive di dendromicrohabitat e favorire la loro vitalità e permanenza con interventi selvicolturali attuati a loro favore poiché sono ottime potenziali piante TreM	favorevole	
OB4. Favorire la diversità specifica del bosco		
favorire una maggior ricchezza specifica rilasciando tutti gli alberi appartenenti a specie sporadiche	favorevole	
favorire accrescimento e sviluppo delle piante appartenenti a specie sporadiche caratterizzate da una buona vigoria riducendo la concorrenza diretta delle altre piante con un diradamento selettivo.	favorevole	
OB5. Favorire una struttura verticale eterogenea		
articolare la struttura verticale nell'ambito degli interventi a favore delle candidate operando un diradamento dall'alto a carico delle dirette concorrenti di chioma senza intervenire sul piano dominato	potenziale contrasto	in funzione della possibile creazione di piani verticali continui capaci di creare una critica scala di combustibili rispetto alla direzione di più probabile direzione incendio (per le pinete) o di un indesiderato accumulo di necromassa per mortalità dei polloni (nei castagneti)
articolare la struttura verticale nell'ambito degli interventi a favore di candidate di specie sporadiche appartenenti al piano dominato applicando un intervento di diradamento che riduca la densità per piccole aree di intervento così da creare una irregolarità spaziale della copertura	favorevole	
OB6. Favorire la presenza di aree aperte e di specie erbacee e arbustive in fiore		
garantire la presenza di aree aperte per una superficie complessiva compresa tra 200-400 m ² /ha, possibilmente distribuite in due unità (questo valore comprende aree aperte già eventualmente presenti)	favorevole	
favorire la creazione di aree aperte riducendo per quanto possibile l'impatto prodotto dalla loro creazione operando in punti del sito con caratteristiche predisponenti es. presenza di margini già presenti, presenza di aree rocciose limitrofe a quella di intervento, aprendo piccole buche che successivamente saranno ampliate in direzione della luce favorevole	favorevole	
creare aperture in popolamenti con copertura densa e continua limitando la superficie unitaria a 100 m ² ed abbiadando a questo taglio un diradamento nel popolamento limitrofo al margine per favorire l'ingresso di luce diffusa al suolo.	indifferente	
scoraggiare la diffusione di specie alloctone eventualmente presenti evitando di creare aperture in prossimità di queste per non favorirne la proliferazione sia per via agamica e gamica	favorevole	
evitare la creazione di aperture nei popolamenti di latifoglie molto giovani per evitare un riscoppio delle ceppaie con produzione di polloni che rapidamente, sviluppandosi, ricopriranno il suolo impedendo l'ingresso di specie erbacee.	favorevole	
OB7. Aumentare la quantità di legno morto a terra e in piedi		
non rimuovere dalle aree di intervento il legno prodotto con i tagli	potenziale contrasto	in funzione della quantità, distribuzione e qualità della necromassa prodotta con l'intervento
ottimizzare una differenziazione, sia attraverso il taglio che la cernatura, del legno morto in termini di:		
i) densità di materiale (accumulo di alberi e singoli alberi),	potenziale contrasto	in funzione dello sviluppo diametrico delle piante ossia della tipologia di combustibile che viene rilasciato a terra
ii) illuminazione (in luce e in ombra),	favorevole	
iii) umidità (nelle valli o nelle cunette),	favorevole	
iv) spazialità (privilegiando la concentrazione rispetto alla distribuzione regolare)	favorevole	
v) tipologia (in piedi o a terra).	favorevole	
applicare la tecnica della cernatura al fine di:		
i) favorire la messa in luce graduale della chioma di una pianta candidata causando la morte graduale della concorrente diretta evitando un improvviso isolamento con conseguenti problemi di stabilità	favorevole	in funzione della creazione di una condizione favorevole alla propagazione dell'incendio di chioma per presenza di una pianta morta in piedi in prossimità di una pianta viva
ii) evitare il danneggiamento di una pianta candidata con l'abbattimento della pianta concorrente posta nelle vicinanze	favorevole	in funzione della creazione di una condizione favorevole alla propagazione dell'incendio di chioma per presenza di una pianta morta in piedi in prossimità di una pianta viva
iii) favorire il deperimento di piante senescenti di grosse dimensioni	indifferente	
favorire la differenziazione della tipologia di legno morto tagliando le ceppaie ad una altezza di 1 metro, così che possano anche essere elementi di ancoraggio del legno morto prodotto e posto a terra nei siti con rischio di erosione del suolo.	indifferente	

2.1.3 Comportamento potenziale del fuoco e scenari gestionali - Castagneti - Habitat 9260

Al fine di valutare gli effetti del passaggio di un incendio potenziale all'interno dell'habitat 9260 in funzione di scenari alternativi di gestione selvicolturale sono state effettuate delle simulazioni utilizzando il Decision Support System (DSS) FOFEM 6.7 (Lutes 2020).

Il **primo scenario** rappresenta la **baseline di riferimento** e descrive l'attuale situazione dei popolamenti ricadenti nell'habitat 9260 per i siti di progetto. Per tale scenario esclude interventi selvicolturali.

Il **secondo scenario** prevede la realizzazione di un trattamento selvicolturale caratterizzato dal prelievo previsto dal modello H in ogni sito contenente l'habitat 9260, con conseguente rilascio in bosco del 100% degli individui e della ramaglia. In questo scenario tutte le piante abbattute previste dal modello H vengono rilasciate in bosco, inclusa la ramaglia di ogni dimensione.

Il **terzo scenario** prevede la realizzazione di un trattamento selvicolturale caratterizzato dal prelievo previsto dal modello H in ogni sito contenente l'habitat 9260, ma con un rilascio in bosco del 50% degli individui e della ramaglia. In questo scenario solo il 50% delle piante abbattute viene rilasciato in bosco.

Il quarto scenario prevede la realizzazione di un trattamento selvicolturale caratterizzato dal prelievo previsto dal modello H in ogni sito contenente l'habitat 9260, ma con un rilascio in bosco del 20% degli individui e della ramaglia. In questo scenario solo il 20% delle piante abbattute viene rilasciato in bosco.

Scenario baseline

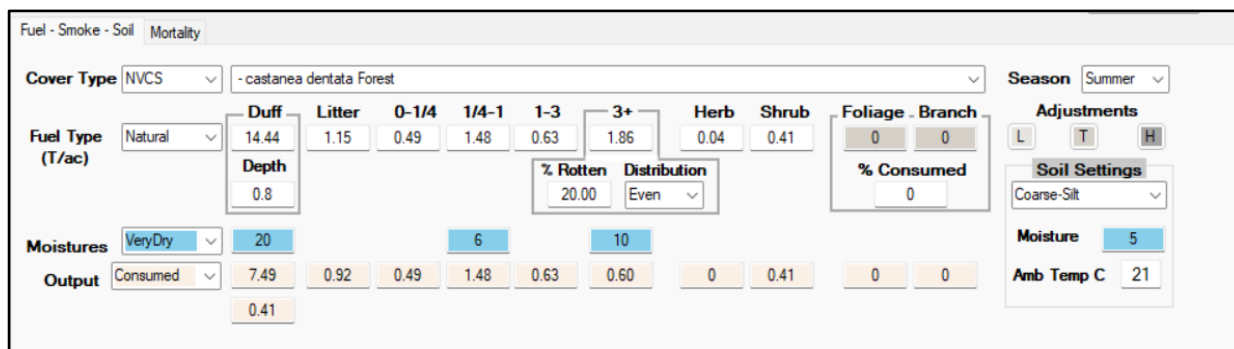
Ai fini di realizzare la simulazione dello scenario di baseline in FOFEM, sono stati predisposti i dati di input richiesti dal modello, riguardanti le diverse componenti di combustibile presenti nei castagneti 9260 (**Figura 2**). In particolare, il modello richiede l'inserimento della quantità di biomassa espressa come peso secco delle componenti di combustibile descritte in **Tabella 5**.

Tabella 5 - Descrizione delle componenti di combustibile richieste da FOFEM

Componente combustibile	Descrizione
Duff	Suolo organico comprensivo dell'orizzonte O.
Litter	Foglie ed elementi combustibili fini (es. frammenti di frutti o corteccia).
Wood 0-¼ inch	Rami e frammenti di legno con diametro (a seguire "d") < 0,6 cm.
Wood ¼-1 inch	Rami e frammenti di legno con 0,6 < d < 2,5 cm.
Wood 1-3 inch	Rami e frammenti di legno con 2,5 < d < 7,6 cm.
Wood 3+ inch	Rami e frammenti di legno con d > 7,6 cm, diviso in "sound" (integro) e "rotten" (degradato).
Herb	Strato erbaceo comprensivo di graminee e erbe infiammabili.
Shrub	Componente con d < 2,5 cm di specie infiammabili dello strato arbustivo.
Crown	Componenti di foglie (Foliage) e di piccoli rami (Branch) della chioma.

Ai fini della simulazione, i valori inseriti di *Duff*, *Litter*, *1 h*, *10 h*, *100 h*, *Herb* e *Shrub* sono stati ricavati dai valori medi di tali componenti presenti nel dataset nazionale italiano *Harmonized dataset of surface fuels under Alpine, temperate and Mediterranean conditions in Italy* (Ascoli et al., 2020), mentre per i combustibili *1000 h*, non presenti nel dataset, si è fatto riferimento ai valori medi dei castagneti della Toscana indicati nell'ultimo Inventario forestale nazionale italiano (Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio - INFC). Dato che all'interno dei castagneti gli incendi di chioma sono molto improbabili (vedi paragrafo 2.1.1), alle frazioni *Foliage* e *Branch* sono stati assegnati valori nulli.

Come *Cover Type* è stato scelto il tipo di vegetazione più simile ai castagneti europei a *Castanea Sativa*, ovvero la *Cover Type* “*castanea dentata Forest*” presente nella classificazione nord-americana NVCS (*National Vegetation Classification System*). Lo scenario di umidità della simulazione è il *Very Dry* tipico di incendi in condizioni elevate di disidratazione.



Fuel Type (T/ac)	Duff	Litter	0-1/4	1/4-1	1-3	3+	Herb	Shrub	Foliage - Branch
Natural	14.44	1.15	0.49	1.48	0.63	1.86	0.04	0.41	0
Depth	0.8								
% Rotten					20.00				
Distribution					Even				
% Consumed									0
Moistures	VeryDry	20		6	10				
Output	Consumed	7.49	0.92	0.49	1.48	0.63	0.60	0	0.41

Figura 2 - Dati di input inseriti nel modello FOFEM 6.7, per lo scenario baseline per tutti e tre i siti contenenti l'habitat 9260 (Muntanya de les Salines, Pratomagno, Sant'Antonio). Tutti i valori di carichi per ciascuna componente di combustibile sono in tonnellate/acro mentre la profondità del Duff è espressa in pollici (inches). Nota: 1 acro = 0,41 ha; 1 pollice = 2,54 cm.

Output scenario baseline

Come dati di output della simulazione, sono stati considerati gli indicatori di *Fire intensity* (FI espressa in kW/m²) e *Fuel consumed* (FC espressa in t/ac). Riguardo la **Figura 3**, il parametro di maggiore interesse è il valore massimo raggiunto e la durata di tale valore nel tempo. Nel caso dello scenario baseline simulato, la FI massima ottenuta è di 178 kW/m² e si mantiene con valori superiori a 30 kW/m² per circa 5 minuti.

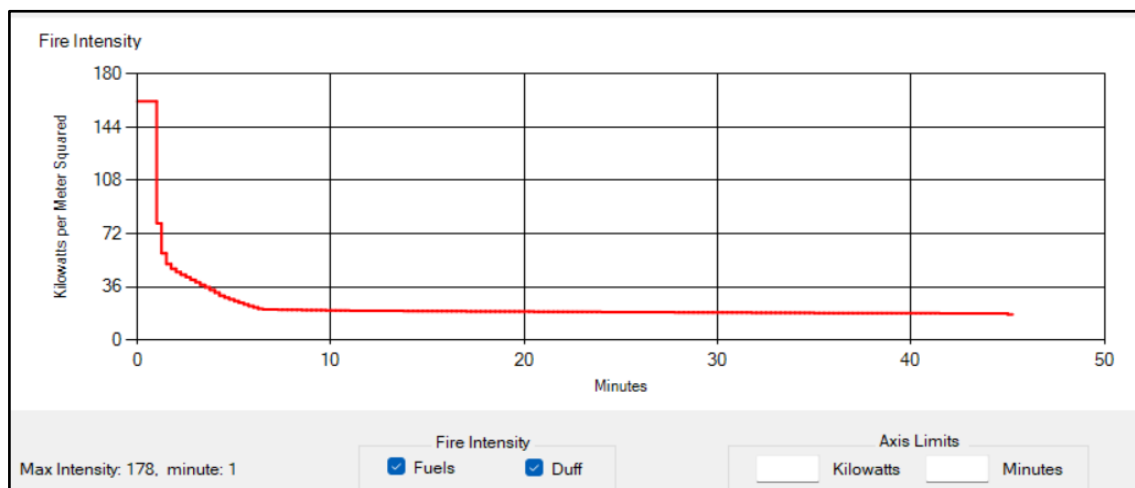


Figura 3 - Valori di *Fire intensity* (kW/m²) nel tempo (minuti).

Riguardo al consumo di combustibile nelle diverse componenti, i risultati ottenuti sono visibili in **Figura 4** e **Figura 5**. Si evidenzia la perdita quasi completa dei combustibili 1 h (0-¼ inch), 10 h (¼-1 inch) e 100 h (1-3 inch), una perdita del 52% di Duff e dell'80% di Litter. I combustibili totali in seguito al passaggio di un incendio in condizioni *Very Dry* di umidità vengono ridotti del 58%. È da notare come il modello prevede un consumo % elevato per le frazioni di necromassa di minori dimensioni mentre il consumo è segnatamente minore nelle classi dimensionali > 7,5 cm.

Fuel Component Name	FUEL CONSUMPTION TABLE			Percent Reduced (%)	Equation Reference Number	Moist. (%)
	Preburn Load (T/ac)	Consumed Load (T/ac)	Postburn Load (T/ac)			
Litter	1.15 u	0.92	0.23	80.0	998	
Wood (0-1/4 inch)	0.49 u	0.49	0.00	100.0	999	
Wood (1/4-1 inch)	1.48 u	1.48	0.00	100.0	999	6.0
Wood (1-3 inch)	0.63 u	0.62	0.01	98.3	999	
Wood (3+ inch) Sound	1.49 u	0.33	1.16	22.2	999	10.0
3->6	0.37	0.17	0.20	45.2		
6->9	0.37	0.09	0.28	24.3		
9->20	0.37	0.05	0.32	13.3		
20->	0.37	0.02	0.35	5.8		
Wood (3+ inch) Rotten	0.37 u	0.16	0.21	43.4	999	10.0
3->6	0.09	0.07	0.02	80.1		
6->9	0.09	0.05	0.05	50.1		
9->20	0.09	0.03	0.07	29.7		
20->	0.09	0.01	0.08	13.7		
Duff	14.44 u	7.49	6.95	51.9	16	20.0
Herbaceous	0.04 u	0.00	0.04	0.0	222	
Shrubs	0.41 u	0.41	0.00	100.0	234	
Crown foliage	0.00	0.00	0.00	0.0	37	
Crown branchwood	0.00	0.00	0.00	0.0	38	
Total Fuels	20.50	11.90	8.60	58.0		

'u' Preburn Load is User adjusted

Figura 4 - Tabella di output del consumo delle diverse componenti di combustibile

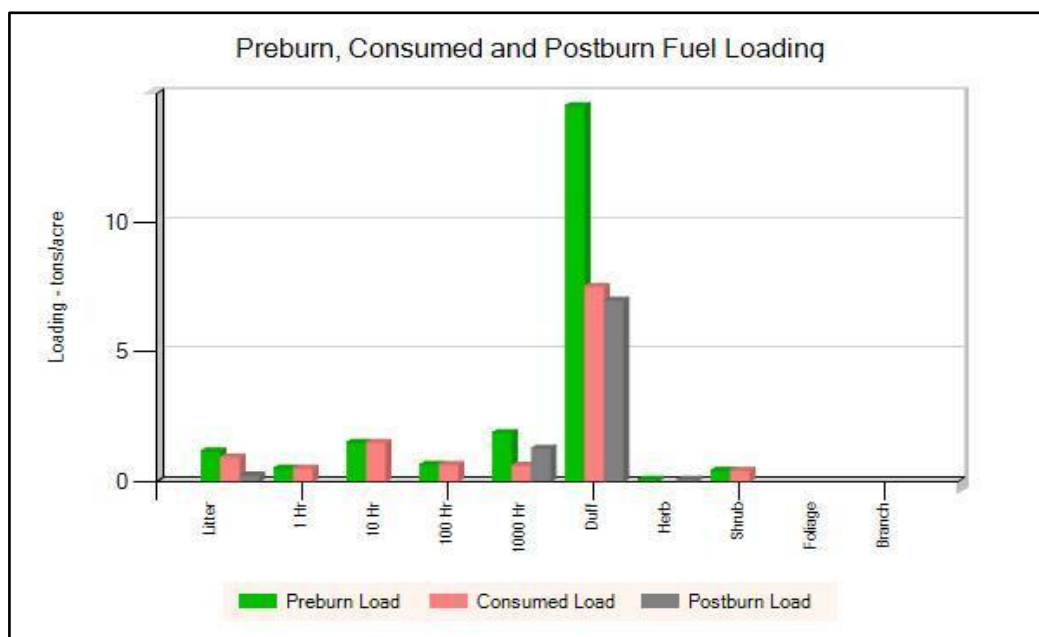


Figura 5 - Grafico di output del consumo delle diverse componenti di combustibile. Condizioni pre- consumo (barre verdi), combustibile consumato (barre rosse), combustibile non consumato nel processo di combustione (barre grigie).

Scenario post-intervento secondo il modello H

Per valutare l'impatto dei trattamenti selvicolturali sui combustibili di superficie nelle IB dei siti con castagneti 9260, sono state realizzate delle simulazioni con diverse ipotesi di rilascio di necromassa in bosco in seguito alla ripresa prevista dal modello H. Gli scenari simulati sono:

- rilascio in bosco del 100% delle piante abbattute e della ramaglia;
- rilascio in bosco del 50% delle piante abbattute e della ramaglia;
- rilascio in bosco del 20% delle piante abbattute e della ramaglia.

In **Tabella 6** si riportano i valori delle diverse componenti di combustibile di superficie impiegati per le simulazioni in FOFEM nei diversi scenari di intervento: i.e., rilascio in bosco di necromassa al 100%, 50% e 20%. Come si può osservare dal confronto con lo scenario BASELINE (riportato sempre in **Tabella 6**), in tutti i casi di scenario post-intervento si hanno valori maggiori di necromassa legnosa di piccole dimensioni (combustibili 1h, 10 h e 100 h), e ciò è dovuto al rilascio in bosco di una certa percentuale di ramaglia in seguito agli interventi.

Tabella 6 - Dati di input in FOFEM espressi in t/ha. Valori diversi in base alle diverse percentuali di rilascio in bosco di necromassa (100%, 50%, 20%).

Site	Treat. Intensity	Duff	Litter	Wood 1h	Wood 10h	Wood 100h	Wood 1000 h	Grass	Shrubs
BASELINE (All sites)	NO INT	35,69	2,84	1,22	3,66	1,55	4,6	0,11	1
Muntanya d.l.S.	100%	35,69	3,28	1,41	4,61	3,13	4,6	0,11	1
	50%	35,69	3,06	1,31	4,13	2,34	4,6	0,11	1
	20%	35,69	2,93	1,26	3,85	1,87	4,6	0,11	1
Pratomagno	100%	35,69	3,15	1,35	4,33	2,66	4,6	0,11	1
	50%	35,69	3	1,28	3,99	2,1	4,6	0,11	1
	20%	35,69	2,9	1,24	3,79	1,77	4,6	0,11	1
Sant'Antonio	100%	35,69	3,14	1,34	4,29	2,6	4,6	0,11	1
	50%	35,69	2,99	1,28	3,97	2,07	4,6	0,11	1
	20%	35,69	2,9	1,24	3,79	1,76	4,6	0,11	1

Dati di output degli scenari post

Come nel caso dello scenario BASELINE, i dati di output considerati sono sempre la Fire Intensity (kW/m^2) e Fuel Consumed (t/ac). In **Tabella 7** sono riportati i valori massimi di FI riscontrati per ognuno dei 3 siti per i diversi scenari di rilascio di necromassa in bosco. Si evidenzia come con un rilascio in bosco del 100%, in media la FI massima è di circa 200 kW/m^2 , mentre un rilascio del 50% ha valori di poco inferiori pari a 187 kW/m^2 e il rilascio del solo 20% determina valori di 181 kW/m^2 , in linea con lo scenario di baseline (i.e. 178 kW/m^2). Nel grafico riportato in **Figura 6** si osserva come a seconda della maggiore quantità di necromassa legnosa presente a terra si hanno valori più elevati di FI in tutti i siti considerati.

Riguardo al consumo di combustibile, in **Figura 7**, **Figura 8**, **Figura 9** si riportano gli output derivanti dalle simulazioni effettuate inserendo valori di input delle componenti di combustibile in **Tabella 6**, a seconda dei diversi scenari di rilascio in bosco di ramaglia.

Tabella 7 - Valori massimi di FI derivanti dalle simulazioni FOFEM effettuate tenendo in considerazione le diverse percentuali di rilascio di necromassa in bosco.

9260 sites	Treat.	Max Fire Intensity
BASELINE	0%	178
Munt. de les salines	100%	200
	50%	189
	20%	183
Pratomagno	100%	194
	50%	186
	20%	181
Sant'Antonio	100%	193
	50%	186
	20%	180

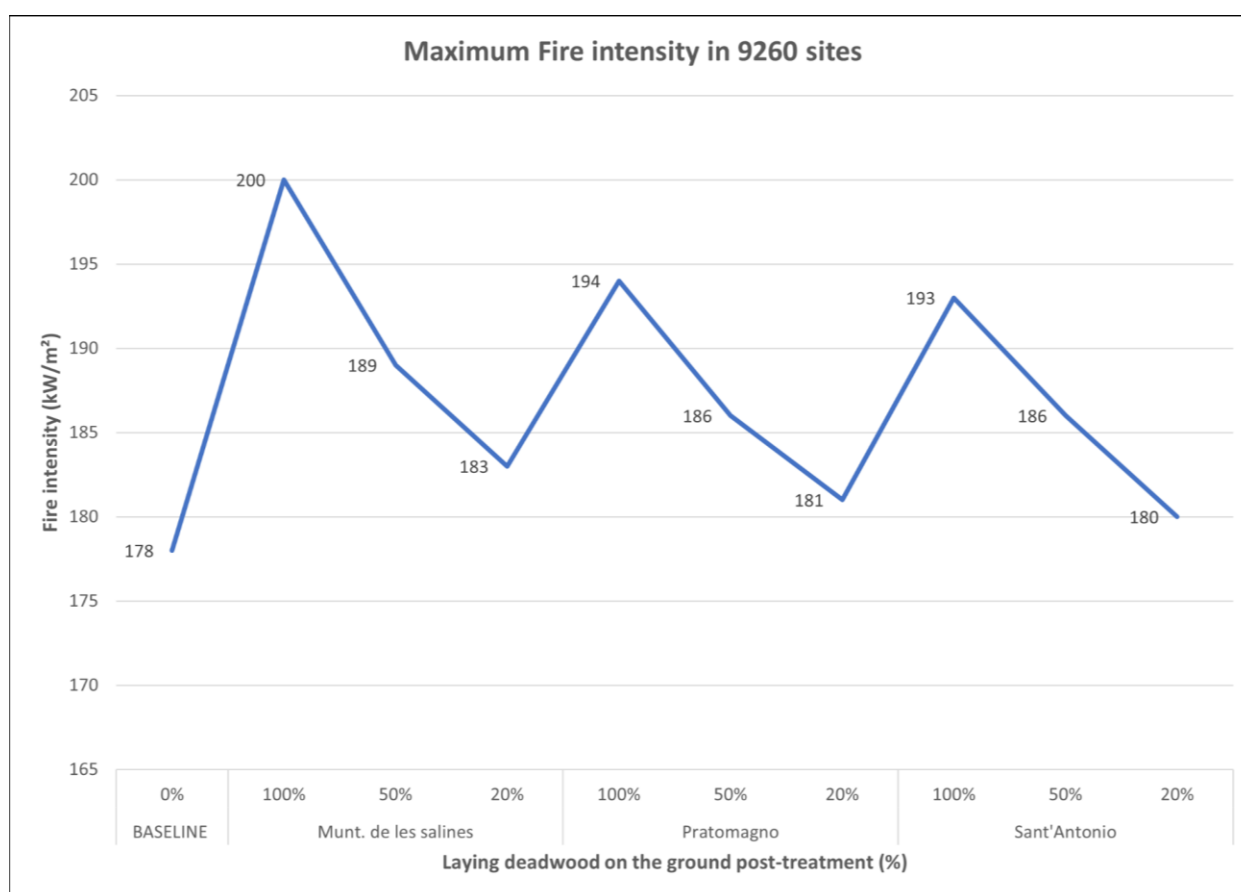


Figura 6 - Grafico della Fire Intensity nei diversi scenari ipotizzati post-intervento nei 3 diversi siti aventi habitat 9260.

Fuel Component Name	FUEL CONSUMPTION TABLE				Equation Reference Number	Moist. (%)
	Preburn Load (T/ac)	Consumed Load (T/ac)	Postburn Load (T/ac)	Percent Reduced (%)		
Litter	1.29 u	1.03	0.26	80.0	998	
Wood (0-1/4 inch)	0.55 u	0.55	0.00	100.0	999	
Wood (1/4-1 inch)	1.78 u	1.78	0.00	100.0	999	6.0
Wood (1-3 inch)	1.13 u	1.12	0.01	99.1	999	
Wood (3+ inch) Sound	1.49 u	0.35	1.14	23.3	999	10.0
3->6	0.37	0.18	0.20	47.1		
6->9	0.37	0.10	0.28	25.6		
9->20	0.37	0.05	0.32	14.3		
20->	0.37	0.02	0.35	6.2		
Wood (3+ inch) Rotten	0.37 u	0.17	0.21	44.7	999	10.0
3->6	0.09	0.08	0.02	81.9		
6->9	0.09	0.05	0.04	51.8		
9->20	0.09	0.03	0.06	30.8		
20->	0.09	0.01	0.08	14.2		
Duff	14.44 u	7.40	7.04	51.3	16	20.0
Herbaceous	0.04 u	0.00	0.04	0.0	222	
Shrubs	0.41 u	0.41	0.00	100.0	234	
Crown foliage	0.00	0.00	0.00	0.0	37	
Crown branchwood	0.00	0.00	0.00	0.0	38	
Total Fuels	21.50	12.81	8.69	59.6		

'u' Preburn Load is User adjusted

Figura 7 - Consumo di combustibile negli scenari con rilascio del 100% dei rami in bosco

Fuel Component Name	FUEL CONSUMPTION TABLE				Equation Reference Number	Moist. (%)
	Preburn Load (T/ac)	Consumed Load (T/ac)	Postburn Load (T/ac)	Percent Reduced (%)		
Litter	1.22 u	0.98	0.24	80.0	998	
Wood (0-1/4 inch)	0.52 u	0.52	0.00	100.0	999	
Wood (1/4-1 inch)	1.63 u	1.63	0.00	100.0	999	6.0
Wood (1-3 inch)	0.88 u	0.87	0.01	98.6	999	
Wood (3+ inch) Sound	1.49 u	0.34	1.15	22.7	999	10.0
3->6	0.37	0.17	0.20	46.1		
6->9	0.37	0.09	0.28	25.1		
9->20	0.37	0.05	0.32	13.7		
20->	0.37	0.02	0.35	6.0		
Wood (3+ inch) Rotten	0.37 u	0.16	0.21	44.0	999	10.0
3->6	0.09	0.08	0.02	80.9		
6->9	0.09	0.05	0.05	50.9		
9->20	0.09	0.03	0.06	30.2		
20->	0.09	0.01	0.08	13.9		
Duff	14.44 u	7.45	6.99	51.6	16	20.0
Herbaceous	0.04 u	0.00	0.04	0.0	222	
Shrubs	0.41 u	0.41	0.00	100.0	234	
Crown foliage	0.00	0.00	0.00	0.0	37	
Crown branchwood	0.00	0.00	0.00	0.0	38	
Total Fuels	21.00	12.35	8.65	58.8		

'u' Preburn Load is User adjusted

Figura 8 - Consumo di combustibile negli scenari con rilascio del 50% dei rami in bosco.

Fuel Component Name	FUEL CONSUMPTION TABLE				Equation Reference Number	Moist. (%)
	Preburn Load (T/ac)	Consumed Load (T/ac)	Postburn Load (T/ac)	Percent Reduced (%)		
Litter	1.18 u	0.94	0.24	80.0	998	
Wood (0-1/4 inch)	0.50 u	0.50	0.00	100.0	999	
Wood (1/4-1 inch)	1.54 u	1.54	0.00	100.0	999	6.0
Wood (1-3 inch)	0.73 u	0.72	0.01	98.5	999	
Wood (3+ inch) Sound	1.49 u	0.33	1.15	22.5	999	10.0
3->6	0.37	0.17	0.20	45.7		
6->9	0.37	0.09	0.28	24.8		
9->20	0.37	0.05	0.32	13.6		
20->	0.37	0.02	0.35	5.9		
Wood (3+ inch) Rotten	0.37 u	0.16	0.21	43.7	999	10.0
3->6	0.09	0.07	0.02	80.5		
6->9	0.09	0.05	0.05	50.5		
9->20	0.09	0.03	0.07	30.0		
20->	0.09	0.01	0.08	13.8		
Duff	14.44 u	7.47	6.97	51.7	16	20.0
Herbaceous	0.04 u	0.00	0.04	0.0	222	
Shrubs	0.41 u	0.41	0.00	100.0	234	
Crown foliage	0.00	0.00	0.00	0.0	37	
Crown branchwood	0.00	0.00	0.00	0.0	38	
Total Fuels	20.70	12.08	8.62	58.4		

'u' Preburn Load is User adjusted

Figura 9 - Consumo di combustibile negli scenari con rilascio del 20% dei rami in bosco.

2.2 Autoresistenza in popolamenti Habitat 9260: prescrizioni nelle aree di intervento esterne alle CA e IB, perimetrali alle IB ed a carico degli Alberi habitat (HT)

In questo paragrafo vengono descritti i criteri di selvicoltura preventiva da realizzare nelle infrastrutture di autoresistenza al disturbo da fuoco in popolamenti di castagno – Habitat 9260 esterni alle CA e IB, perimetrali alle IB. Sono inoltre descritte le prescrizioni relative alla gestione del combustibile in prossimità degli Alberi Habitat (HT). La sintesi dei parametri proposti nel capitolo viene illustrata nella **Figura 52 e Figura 53** e nella mappa mentale riportata in **Figura 56**.

Per le CA sono sempre da attuare interventi di selvicoltura preventiva per l'autoresistenza nei popolamenti posti esternamente a queste e nella direzione dell'incendio più probabile. La profondità della fascia di intervento deve essere superiore ai 70 metri e di ampiezza variabile in funzione della pendenza e della morfologia del versante.

Per le IB sono sempre da attuare interventi di selvicoltura preventiva per l'autoresistenza quando queste risultano, nell'ambito del comprensorio analizzato, essere quelle a più elevata pericolosità incendio e di maggior dimensioni. Per le IB ricadenti in tale situazione e classificate di tipo "conservative" sono da prevedere interventi esclusivamente a carico del popolamento forestale esterno a queste e nella direzione dell'incendio più probabile. La profondità della fascia di intervento deve essere superiore ai 50 metri e di ampiezza variabile in funzione della pendenza e della morfologia del versante. Per le IB classificate di tipo "improved" sono da prevedere sempre interventi nei popolamenti posti esternamente a queste (sempre per una fascia > ai 50 m) e, se ritenuti funzionali all'efficacia degli interventi esterni, sono da prevedere anche interventi interni, sempre nella direzione dell'incendio più probabile, per una fascia di profondità di 20-30 m.

Per gli Alberi Habitat posti nelle porzioni di comprensorio a più elevata pericolosità incendio è necessario attuare sempre interventi di selvicoltura preventiva per l'autoresistenza operando, nel piano inferiore delle chiome (gestione del combustibile), per una fascia di almeno 5 metri di raggio dal tronco.

Le prescrizioni vengono illustrate distinguendo le attività a carico dei popolamenti (**gestiti a ceduo o avviati/gestiti a fustaia**) e le attività a carico dei combustibili di superficie.

Gestione a ceduo

Nell'ambito dell'applicazione di una ordinaria gestione del ceduo è opportuno incrementare l'autoresistenza del popolamento:

- ✓ creando una struttura caratterizzata da una distribuzione spaziale delle matricine preferenzialmente per gruppi e secondariamente per piante isolate stabili
- ✓ creando una struttura diametrica delle matricine capace di massimizzare la diversificazione diametrica sia per il castagno (se sono disponibili piante con diametri diversi) che per le altre specie, rilasciando individui appartenenti a più classi diametriche possibili
- ✓ creando una struttura orizzontale caratterizzata da una distribuzione dei gruppi il più uniforme sull'area di intervento
- ✓ rilasciando una copertura residua delle chiome dei gruppi compresa tra il 10 ed il 25%
- ✓ riducendo il carico di combustibile all'interno dei gruppi, quando necessario, eliminando polloni deperienti, inclinati, morti (in piedi e a terra). Il materiale prelevato deve essere allontanato dal bosco o opportunamente frammentato e sparso a terra
- ✓ evitando il rilascio di specie infiammabili in prossimità dei gruppi di matricine dei cedui

Gestione a fustaia/avviamento a fustaia

Nell'ambito dell'applicazione di una ordinaria gestione a fustaia o di avviamento a fustaia è opportuno incrementare l'autoresistenza del popolamento:

- ✓ effettuando, in funzione della struttura di partenza, interventi a ripresa variabile in termini di volume/ha, area basimetrica/ha e piante/ha al fine di creare strutture forestali più articolate strutturalmente
- ✓ favorendo la creazione di una struttura a fustaia selezionando, a partire dal ceduo, due/tre polloni migliori su ogni ceppaia (in base al loro sviluppo e alla loro vigoria) con l'obiettivo di avere circa 600-800 fusti/ha. Su ceppaie giovani sfoltire i ricacci di polloni con sfolli precoci e diradamenti selettivi
- ✓ favorendo, quando presente, la rinnovazione da seme evitando la formazione di nuclei troppo densi nei punti più critici ai fini della prevenzione incendi
- ✓ incrementando la mescolanza specifica favorendo le specie diverse dal castagno attraverso diradamenti selettivi a carico dei castagni poste in prossimità e in concorrenza diretta (selvicoltura d'albero). Se la pianta da favorire ha chioma poco sviluppata inadatta all'isolamento, operare un diradamento che ne favorisca la stabilità, tramite rilascio di piante vicine codominanti con rilevante ruolo per la stabilità (ad es. per versanti in pendenza eliminare le concorrenti poste a monte e lungo la curva di livello e rilasciare quelle a valle)
- ✓ modificando la struttura per ridurre la quantità e continuità orizzontale dei combustibili presenti nei diversi strati di combustibile del popolamento (strato della lettiera e necromassa, strato erbaceo, strato arbustivo basso ed elevato, strato delle chiome degli alberi)
- ✓ operando con interventi a favore di una strutturazione per gruppi del popolamento a fustaia rilasciando piante (scelte tra polloni ben conformati e vigorosi e piante da seme) e biogruppi di piante o ceppaie stabili
- ✓ favorendo una strutturazione diametrica articolata ed a favore dei diametri superiori applicando prelievi decrescenti all'aumentare della classe diametrica
- ✓ preservando e favorendo lo sviluppo delle latifoglie autoctone presenti nel popolamento. Tali specie, quando presentano chiome regolari e sufficientemente profonde, devono essere liberate dalla concorrenza delle chiome delle piante poste in prossimità o devono essere protette all'interno dei gruppi in caso contrario (attuando diradamenti selettivi all'interno del gruppo stesso).

Gestione dei combustibili di superficie

Oltre agli interventi a carico della componente arborea del popolamento è auspicabile un incremento dell'autoresistenza dei popolamenti attraverso la gestione dei combustibili di superficie all'interno di questi. La gestione del combustibile può essere attuata applicando diverse tecniche:

- ✓ ridurre la necromassa di tutte le dimensioni nei punti critici: impluvi, cambi di pendenza
- ✓ mantenere al massimo un 20% della copertura arbustiva e cespugliosa infiammabile con altezza massima 2 m, avendo l'accortezza di non lasciare combustibili-scala. Evitare il rilascio di specie infiammabili in prossimità dei gruppi di matricine dei cedui
- ✓ ridurre i combustibili fini di superficie (lettiera, erbe e necromassa con diametri < 2,5 cm) per portare il carico al di sotto di 15 t/ha
- ✓ interventi di riduzione del combustibile di superficie manuali: decespugliamento e riduzione della necromassa con motosega. Depezzare ed allestire la necromassa aderente il più possibile al terreno evitando accumuli, soprattutto alla base dei fusti e in corrispondenza o a valle di gruppi di piante
- ✓ ove possibile effettuare l'abbruciamento dei residui di utilizzazione in catasta (volume < 3 m steri)
- ✓ interventi di riduzione del combustibile di superficie meccanici: eseguire la trinciatura e la cippatura su pendenze < 15% e in siti con un buon livello di accessibilità e assenza di rocciosità affiorante.

2.3 Linee guida di prevenzione incendi per l'habitat 9530

2.3.1 Sensibilità dell'habitat 9530

Infiammabilità: Il pino nero, negli stadi adulti, sviluppa diverse caratteristiche fisiologiche per non essere suscettibile al fuoco, strategie che funzionano finché è si trova in strutture forestali senza molto sottobosco, con stratificazione verticale della vegetazione discontinua e una copertura boschiva più o meno aperta. L'elevato contenuto di umidità fogliare consente al pino nero di sopportare molto calore, a patto che le gemme e i rametti, che tollerano temperature più elevate rispetto agli aghi, non vengano gravemente bruciati (Domènech et al. 2018).

La rinnovazione è una fase critica per le foreste di pino nero, perché i semi hanno requisiti edafici e ambientali più restrittivi rispetto ad altri pini presenti nell'habitat (pino d'Aleppo o pino silvestre). In generale, i semi hanno bisogno di essere a contatto con il suolo minerale e, allo stesso tempo, di un certo grado di umidità e di una copertura per evitare l'insolazione diretta. Pertanto, il sottobosco ha una complessa relazione di competizione con il pino nero. Tuttavia, la presenza di una chioma adulta non ostacola l'insediamento di una nuova coorte, soprattutto in strutture miste con popolamenti più densi e più sottili. Il pino nero non partecipa alla prima risposta dopo un incendio boschivo, perché ha bisogno di specie arboree e arbustive più pioniere per riprendersi prima. Ciò significa che durante le prime fasi dopo un grande incendio, specie come il leccio, la quercia, il pino d'Aleppo o persino il pino silvestre dominano l'habitat e il pino nero ricompare anni dopo, all'ombra della loro copertura.

Adattamenti al fuoco: gli individui di pino nero mostrano una serie di adattamenti al fuoco che li rendono resistenti in diverse condizioni ambientali. Una caratteristica chiave è l'autopotatura dei rami bassi e la forma della chioma a ombrello, portata in alto, che crea discontinuità verticale tra le chiome e la vegetazione inferiore, limitando la propagazione del fuoco. Inoltre, la corteccia, costituita da placche grandi, spesse, poco infiammabili e altamente isolanti, offre una protezione efficace contro le alte temperature. Le radici profonde permettono alla pianta di accedere a riserve idriche sotterranee, aumentando la sua resilienza in condizioni di stress termico. L'elevata umidità fogliare contribuisce a ridurre il rischio di combustione, mentre le gemme e i meristemi sono protetti da squame spesse e ciuffi compatti di aghi. Anche in caso di danni parziali alla chioma, il pino nero possiede la capacità di rigenerarsi, ripristinando così la sua capacità fotosintetica.

Questa specie si distingue per la sua longevità, che consente il massimo sviluppo della pianta e, grazie a un tronco dritto e resistente, evita problemi di marciume. La produzione di semi è elevata, e la loro dispersione anemocora favorisce la rigenerazione naturale. Tuttavia, il pino nero presenta alcune criticità che ne limitano la capacità di recupero in seguito a incendi ricorrenti. La produzione di semi mostra una certa alternanza annuale, causando una notevole variabilità nella banca di semi disponibile. Inoltre, il pino nero si riproduce tardivamente, con la prima produzione di semi che avviene tra i 14 e i 23 anni, ostacolando la rigenerazione nelle aree colpite da incendi frequenti. I semi non possiedono un periodo di dormienza, e la loro vitalità al suolo è limitata a pochi mesi. La germinazione avviene in primavera o all'inizio dell'estate, ma solo in presenza di condizioni di umidità favorevoli. In anni caratterizzati da clima altamente variabile, i semi possono non trovare le condizioni necessarie per germinare e non sopravvivere abbastanza a lungo per beneficiare di eventuali miglioramenti ambientali.

La maturità riproduttiva della chioma si raggiunge tra i 40 e gli 80 anni, a seconda delle condizioni stagionali. I semi non sono serotini: si aprono con la maturazione e non rispondono a stimoli termici. La crescita del pino nero richiede una certa copertura; di conseguenza, in caso di incendi intensi che distruggono la chioma, i semi non competono efficacemente con altre specie meglio adattate alla luce solare diretta su terreni bruciati. Tuttavia, dopo incendi di bassa intensità che lasciano intatta la chioma, il pino nero ha maggiori possibilità di germinazione e crescita (Domènech et al. 2018).

2.3.2 Prescrizioni selvicolturali interne alle IB e alberi Habitat

In questo paragrafo viene valutata la **coerenza fra gli obiettivi e le prescrizioni** selvicolturali del documento di progetto **“Biodiversity Islands intervention protocol”** (WP3 – Tools for CNF management) ed i principi di prevenzione incendi. La valutazione è stata eseguita articolando questa per obiettivi di intervento (OB1-OB6), così come proposto nel documento **“Biodiversity Islands intervention protocol”**. Attenzione particolare è stata posta all'obiettivo OB1 -Puntare a una struttura di massima funzionalità teorica al fine di comprendere quali pratiche selvicolturali, proposte nelle IB secondo l'applicazione del **modello H** (Simini et al. 2010; Anfodillo et al. 2013), siano da ritenersi favorevoli nell'ottica di incrementare l'auto resistenza dei popolamenti forestali agli incendi e quali, in opposto, siano da considerarsi in parziale o totale contrasto rispetto a tale obiettivo. Questa valutazione viene integrata da una analisi del comportamento potenziale del fuoco a seguito di diversi scenari di intervento selvicolturale (**vedi paragrafo 2.3.3**).

Al fine di rendere più completa la comprensione dell'analisi fatta, ogni obiettivo selvicolturale viene introdotto da una sintesi delle informazioni contenute nel documento.

OB1. Puntare a una struttura di massima funzionalità teorica

Il modello H (Simini et al. 2010; Anfodillo et al. 2013) rappresenta un'applicazione dell'approccio allometrico che consente di quantificare quanto l'attuale condizione strutturale del bosco si discosta dalla condizione di massimo funzionale teorico. Il modello rappresenta uno strumento generale e universale, applicabile a tutte le foreste (**“Biodiversity Islands intervention protocol”** - BOX1). In base a questo modello, è possibile stimare la distribuzione diametrica di un popolamento in grado di ottimizzare le risorse risorse allo stesso modo di un bosco con caratteristiche naturali avanzate. Gli interventi messi in atto dal progetto mirano a orientare il soprassuolo verso una struttura più complessa, rappresentata dalla distribuzione diametrica di riferimento ricavata dal modello per ciascuno dei 4 habitat target. Per rendere questo criterio più comprensibile e più facile da applicare, la valutazione sulla struttura viene effettuata sulla base di 4 categorie di dimensioni (**Tabella 8**).

Tabella 8 - Classi dimensionali definite dal modello H e range diametrici di riferimento

Categories	Saplings	Poles	Large	Very large
Diameter classes (cm)	10-15 (7,5-17,5)	20-35 (17,5-37,5)	40-55 (37,5-57,5)	>60 (> 57,5)

Dal confronto tra la distribuzione diametrica di riferimento ottenuta dal Modello H e la distribuzione effettiva dei popolamenti, derivante dalla caratterizzazione delle Isole della Biodiversità effettuata da distribuzione reale dei popolamenti, effettuata mediante indagini strutturali, è possibile determinare le caratteristiche dell'intervento in termini di numero di piante per ettaro da tagliare o sottoporre a cercinatura.

Il modello H elaborato per l'Habitat 9530 è quello di seguito riportato (in elaborazione nel 2025)

L'applicazione di interventi selvicolturali che abbiano come obiettivo il raggiungimento dell'equilibrio diametrico proposto dal modello H è calibrato secondo i seguenti punti:

Intervento selvicolturale: eliminazione mediante taglio o cercinatura delle piante sovranumerali rispetto al modello H di riferimento per l'habitat.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: questo intervento può divenire un intervento in parziale o totale contrasto ai fini della prevenzione incendi in funzione delle caratteristiche del materiale legnoso ottenuto con il taglio e della sua destinazione. Il rilascio di piante abbattute sul letto di caduta può infatti rappresentare una criticità se questo innalza il carico di combustibile nel popolamento in modo significativo.

Intervento selvicolturale: conservazione o facilitazione delle piante appartenenti alle classi diametriche sottonumerali.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: questa indicazione selvicolturale è da ritenersi, ai fini della prevenzione incendio, positiva ogni qualvolta si operi a favore delle classi Large e Very large poiché consente di favorire la densità di piante con caratteristiche di resistenza individuale più marcati, quali ad esempio, un maggior spessore di corteccia. Per il pino la selezione a favore delle classi diametriche inferiori (Poles) non rappresenta una criticità poiché questa specie sviluppa, sin da giovane una corteccia spessa e tende ad innalzare la chioma nella porzione superiore del fusto per una marcata autopotatura dei rami bassi.

Intervento selvicolturale: selezione di individui di dimensioni maggiori di una classe se quella successiva è sottonumerale rispetto al modello.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: la selezione a carico degli individui più sviluppati diametricamente all'interno di ogni classe del modello H è da considerarsi una pratica favorevole ai fini della prevenzione poiché comporta, in genere, la selezione di individui che per vigoria e/o fattori stagionali hanno una posizione sociale dominante rispetto agli altri individui della stessa classe diametrica. Questo aspetto si ripercuote sulle caratteristiche morfologiche della pianta che, più facilmente, manifesta caratteristiche di resistenza individuale più marcati. Inoltre, tale scelta, porta il popolamento nel suo complesso ad avere, al suo interno nel tempo, individui con diametri più elevati.

Intervento selvicolturale: creazione di condizioni favorevoli all'insediamento della rinnovazione o allo sviluppo di quella esistente se la classe "saplings" risulta poco rappresentata.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: le relazioni esistenti tra la prevenzione incendi e la creazione di aperture è analizzata nell'ambito dell'obiettivo OB6 (Favorire la presenza di aree aperte e di specie erbacee e arbustive in fiore). Lo sviluppo di individui appartenenti alla classe Sampling deve essere valutato, ai fini della prevenzione incendi, in funzione della morfologia del sito e della più probabile traiettoria di propagazione degli incendi. Il principale problema in tal senso deriva infatti dalla possibilità che, la struttura delle altezze di tale classe, dia origine ad una continuità verticale del combustibile capace di favorire il passaggio dell'incendio dalla superficie alle chiome.

OB2. Promuovere la presenza di alberi molto grandi (VLT) (diam>57.5 cm)

I grandi alberi svolgono una straordinaria gamma di ruoli ecologici cruciali, influenzando il regime idrologico, il ciclo dei nutrienti e numerosi altri processi ecosistemici (Lindenmayer & Laurance 2016). Svolgono inoltre un ruolo cruciale per un'ampia gamma di specie vegetali e animali grazie ai loro

microhabitat, alle dimensioni e alle ampie chiome, che offrono riparo, cibo e siti di riproduzione per molte specie, in particolare per le specie epifite e per gli uccelli e i pipistrelli che nidificano in cavità (Mollet et al. 2013; Hofmeister et al. 2015), contribuendo così alla biodiversità forestale (Emberger et al. 2016)

Gli interventi messi in atto dal progetto mirano a:

Intervento selvicolturale: preservare gli alberi VLT esistenti

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: il rilascio di piante caratterizzate da un notevole sviluppo diametrico ($DBH > 57.5$ cm) è elemento da considerarsi favorevole nell'ottica dell'incremento della resistenza e resilienza delle formazioni a scala di popolamento. Le piante caratterizzate da un elevato sviluppo diametrico infatti si caratterizzano per possedere elementi morfologici favorevoli alla loro resistenza nei confronti del passaggio del fuoco quali ad esempio lo spessore della corteccia, che tende ad aumentare con l'età e il vigore dell'albero (Massaiu & Gaulier 1999) e l'apparato radicale che, approfondendosi con lo sviluppo della pianta nel tempo un diviene più resistente rispetto ad un sistema radicale sistema superficiale (Massaiu & Gaulier 1999).

Intervento selvicolturale: candidare un certo numero di alberi per favorirne la crescita nei soprassuoli più giovani attraverso un diradamento selettivo estensivo, declinato secondo più specifici obiettivi.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (1- nello stadio "Poles" sono da favorire le candidate con buona stabilità meccanica ($H/DBH < 80$)): la ricerca di piante con un favorevole rapporto di sviluppo tra altezza e diametro è da considerarsi un aspetto favorevole ai fini della prevenzione incendi per diversi aspetti. Piante più stabili sono piante che con minor probabilità possono essere soggette a fenomeno di schianto a terra o di troncatura del fusto con quindi una riduzione della probabilità di un accumulo indesiderato di necromassa al suolo o, in caso di ribaltamento parziale, creazione di una indesiderata scala di combustibile tra strati inferiori e strati superiori del popolamento forestale. Le piante meccanicamente più stabili possono essere elementi strutturali del popolamento utili ai fini degli interventi selvicolturali di prevenzione che possano prevedere la creazione di aperture (fessure o buche) finalizzate al favorire la dissipazione del calore d'incendio e di una modifica della dinamica. Le piante stabili sono infatti ottimi elementi strutturali da selezionare come margine della fessura: il loro parziale isolamento non ne preclude infatti la stabilità meccanica garantendo nel tempo forma e dimensione dell'apertura creata.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (2- nello stadio "Poles" sono da favorire le candidate con buona profondità di chioma ($1/3$ dell'altezza)): questa specie è soggetta ad una dinamica di incendio di chioma per cui la presenza di individui con rami portati anche nella parte più bassa del fusto può rappresentare una criticità ai fini della propagazione dell'incendio dallo strato inferiore allo strato superiore del popolamento. La ricerca di piante candidate con chiome più profonde di $1/3$ del fusto è quindi da ritenersi in contrasto alla prevenzione incendi nell'ambito delle IoS a maggior rischio incendio.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (3- nello stadio "Poles" sono da favorire le candidate con chioma sviluppata e simmetrica): la ricerca di piante con un armonico sviluppo della chioma è da considerarsi un aspetto favorevole ai fini della prevenzione incendi per diversi aspetti. Piante con tali caratteristiche sono più stabili quando soggette a sollecitazioni quale vento o carico nevoso con conseguente minor probabilità di essere soggette a fenomeno di schianto a terra o di troncatura del fusto e conseguente accumulo indesiderato di necromassa al suolo o, in caso di ribaltamento parziale, creazione di una indesiderata scala di combustibile tra strati inferiori e strati superiori del popolamento forestale. Inoltre, piante con chioma equilibrata rappresentano elementi strutturali favorevoli qualora si desideri fare interventi finalizzati al raggiungimento di una irregolarità strutturale anche ai fini della prevenzione incendi quali, ad esempio aperture di fessure o buche.

Intervento selvicolturale: candidare un certo numero di alberi per favorirne la crescita nei soprassuoli ad uno stadio evolutivo avanzato attraverso una selvicoltura d'albero, declinata secondo più obiettivi.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (1- nello stadio "Large category" sono da favorire le candidate con diametro superiore nell'ambito dello stadio (37.5-57.5 cm): la ricerca di piante candidate nelle classi diametriche superiori è da ritenersi favorevole ai fini della prevenzione incendi poiché le piante caratterizzate da un elevato diametro si caratterizzano per possedere in genere elementi morfologici favorevoli alla loro resistenza nei confronti del passaggio del fuoco quali ad esempio lo spessore della corteccia, che tende ad aumentare con l'età e il vigore dell'albero (Massaiu & Gaulier 1999) e l'apparato radicale che, approfondendosi con lo sviluppo della pianta nel tempo un diviene più resistente rispetto ad un sistema radicale sistema superficiale (Massaiu & Gaulier 1999).

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (2- favorire le candidate con effettiva concorrenza diretta): l'applicazione di un intervento selvicolturale con la finalità di ridurre la concorrenza diretta a carico di una pianta implica una riduzione del contatto diretto tra le chiome, aspetto rilevante nelle dinamiche di incendio di chioma. La creazione di una irregolarità della copertura delle chiome è comunque da ritenersi un aspetto favorevole rispetto alla dinamica dell'incendio consentendo una maggior dissipazione del calore d'incendio rispetto ad una situazione di copertura colma e continua delle chiome.

Intervento selvicolturale: candidare, quando presente una strutturazione per gruppi, un insieme di piante vicine attuando un intervento a favore dell'intero gruppo (da trattare quindi come unico candidato).

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: la strutturazione per gruppi può rappresentare una efficace strutturazione del popolamento di conifere capace di indurre una maggiore articolazione strutturale, sia in senso verticale che in senso orizzontale. Accorgimento necessario nel definire i gruppi è però quello di evitare il rilascio di piante la cui differenziazione in classe di altezza possa rappresentare una criticità in termini di continuità verticale del combustibile.

Intervento selvicolturale: candidare le specie autoctone meno rappresentate nel popolamento purché in grado di potersi sviluppare come individuo arboreo di grandi dimensioni.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: il rilascio di specie diverse dalla specie principale è aspetto da considerarsi sempre positivo nell'ottica dell'incremento dell'auto resistenza dei popolamenti poiché una maggior ricchezza specifica è garanzia di una maggior differenziazione del popolamento nei confronti del fuoco, sia in termini di capacità di resistenza che in termini di capacità di reazione post-disturbo quali ad esempio capacità di ricaccio da gemme o capacità di produzione di seme.

Intervento selvicolturale: candidare le specie autoctone meno rappresentate nel popolamento localizzate in posizioni particolari (es. in prossimità di aperture o condizioni edafiche particolari).

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: il rilascio di specie diverse dalla specie principale è aspetto da considerarsi sempre positivo nell'ottica dell'incremento dell'auto resistenza dei popolamenti poiché una maggior ricchezza specifica è garanzia di una maggior differenziazione del popolamento nei confronti del fuoco, sia in termini di capacità di resistenza che in termini di capacità di reazione post-disturbo quali ad esempio capacità di ricaccio da gemme o capacità di produzione di seme. Il loro rilascio in situazioni stazionali particolari dell'IB esalta inoltre le potenzialità di sviluppo delle specie minoritarie in particolari condizioni locali a favore di una eterogeneità e ricchezza. La localizzazione delle specie sporadiche in condizioni diverse dalla condizione prevalente del popolamento può essere inoltre elemento di diversificazione del comportamento dell'incendio.

OB3. Favorire la presenza di alberi habitat

Nell'ambito del progetto un Habitat Tree (HT) è definito come “un albero vivente in piedi che, nel suo stato attuale, ricade in queste situazioni:

- almeno un dendromicrohabitat (TreM) presente nella lista dei dendromicrohabitat “prioritari”
- almeno un dendromicrohabitat (TreM) che risulta essere meno frequente all'interno del sito
- almeno 3 dendromicrohabitat (TreM)

Gli alberi Habitat sono considerati di primaria importanza per la biodiversità forestale, in quanto forniscono nicchie ecologiche (microhabitat arborei) per la flora e la fauna forestale, talvolta altamente specializzate, per almeno una parte della loro vita e (Bütler et al. 2013; Bütler et al. 2016; Directorate-General for Environment 2023). La corretta identificazione, protezione e gestione di questi alberi è essenziale per preservare la funzione ecologica e la complessità strutturale delle foreste nel lungo periodo. Gli interventi messi in atto dal progetto mirano a:

Intervento selvicolturale: garantire una maggior longevità della pianta con dendromicrohabitat attraverso un diradamento selettivo a suo favore che riduca la concorrenza diretta da parte di piante appartenenti al piano dominante o codominante consentendo un maggior arrivo di luce nel piano delle chiome

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: l'applicazione di un intervento selvicolturale che operi con la finalità di ridurre la concorrenza diretta a carico di una pianta implica una riduzione del contatto diretto tra le chiome, aspetto da ritenersi rilevante nelle dinamiche di incendio di chioma.

Intervento selvicolturale: arricchire la complessità strutturale del popolamento in prossimità della loro presenza riducendo fortemente la densità della foresta in contiguità di TreM che ospitano uccelli o pipistrelli, in modo da rendere questi alberi più favoriti per queste specie faunistiche.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: questa pratica può divenire un elemento di criticità ai fini della prevenzione incendi se la riduzione della densità delle piante poste in prossimità della pianta TreM prevede un abbattimento delle piante stesse e loro rilascio sul letto di caduta. Questo accumulo di necromassa in prossimità della candidata può rappresentare un accumulo di combustibile potenziale critico ai fini della permanenza del fuoco in prossimità del fusto della candidata e del calore irraggiato verso la chioma sovrastante. Inoltre, tale accumulo può dare origine ad una scala di combustibili indesiderata, capace di propagare l'incendio dai piani inferiori del popolamento alle chiome.

Intervento selvicolturale: includere nell'elenco dei TreM anche le matricine della pregressa gestione a ceduo anche se prive di dendromicrohabitat e favorire la loro vitalità e permanenza con interventi selvicolturali attuati a loro favore poiché sono ottime potenziali piante TreM.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: nelle pinete la presenza di un individuo con sviluppo diametrico superiore alla media del popolamento è da attribuirsi spesso ad un rilascio dell'individuo nell'ambito di una pregressa gestione attiva, per molteplici motivi. In forza del loro sviluppo diametrico e del loro portamento è da ritenere che la pratica proposta (selezione come candidata anche se priva di dendromicrohabitat) sia da ritenersi favorevole ai fini della prevenzione incendi per i caratteri di resistenza al fuoco sviluppati nel tempo. Unica attenzione da porre in tal senso è la possibilità che, correlata all'età, vi siano elementi non favorevoli alla sua conservazione quali ad esempio colate di resina capaci di condurre la fiamma dal suolo alla chioma.

OB4. Favorire la diversità specifica del bosco

È stato dimostrato in diversi studi che la composizione delle specie arboree nei popolamenti forestali è un fattore determinante per la biodiversità associata alle foreste in diversi studi (Penone et al. 2019; Ampoorter et al. 2020). La diversità specifica garantisce una più ampia varietà di frutti, semi, fiori e fogliame disponibili come fonti di cibo per la fauna selvatica (Emberger et al. 2016). Inoltre, molti studi hanno fornito ampie prove del fatto che la diversità specifica degli alberi in bosco può influenzare processi ecosistemici chiave come la produzione di biomassa, il ciclo dei nutrienti e la regolazione dei parassiti (Cardinale al. 2012; Emberger al. 2016). Infine, esiste una relazione positiva tra diversità specifica e resilienza; i sistemi più diversificati in composizione specifica che mostrano una maggior resilienza rispetto alla dinamica dei disturbi (Silva al. 2015). I seguenti interventi messi in atto possono essere coerenti o in contrasto con i principi di prevenzione incendi nelle IB.

Intervento selvicolturale: favorire una maggior ricchezza specifica rilasciando tutti gli alberi appartenenti a specie sporadiche.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: il rilascio di specie sporadiche è aspetto da considerarsi sempre positivo nell'ottica dell'incremento dell'auto resistenza dei popolamenti poiché una maggior ricchezza specifica è garanzia di una maggior differenziazione del popolamento nei confronti del fuoco, sia in termini di capacità di resistenza che in termini di capacità di reazione post-disturbo quali ad esempio capacità di ricaccio da gemme o capacità di produzione di seme. Nell'ambito delle formazioni a pino l'arricchimento specifico a favore delle latifoglie è sempre da ricercare.

Intervento selvicolturale: favorire accrescimento e sviluppo delle piante appartenenti a specie sporadiche caratterizzate da una buona vigoria riducendo la concorrenza diretta delle altre piante con un diradamento selettivo.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: l'applicazione di un intervento selvicolturale che operi con la finalità di ridurre la concorrenza diretta a carico di una pianta implica una riduzione del contatto diretto tra le chiome, aspetto da ritenersi rilevante nelle dinamiche di incendio di chioma, in particolar modo se la specie sporadica è anch'essa una conifera. Poiché nell'ambito delle formazioni a pino l'arricchimento specifico a favore delle latifoglie è sempre da ricercare la pratica proposta può favorire lo sviluppo di piante con chiome più profonde, premessa fondamentale per divenire adeguate piante portaseme.

OB5. Favorire una struttura verticale eterogenea

La diversità e lo sviluppo degli strati verticali influenzano strettamente la biodiversità forestale, creando diverse condizioni ecologiche e nicchie che vengono utilizzate di preferenza da diverse specie vegetali e animali (Puumalainen 2001; Basile et al. 2016; Emberger et al. 2016). I seguenti interventi messi in atto possono essere coerenti o in contrasto con i principi di prevenzione incendi nelle IB.

Intervento selvicolturale: articolare la struttura verticale nell'ambito degli interventi a favore delle candidate operando un diradamento dall'alto a carico delle dirette concorrenti di chioma senza intervenire sul piano dominato.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: l'applicazione di un intervento selvicolturale che operi con la finalità di ridurre la concorrenza diretta a carico di una pianta implica una riduzione del contatto diretto tra le chiome, aspetto da ritenersi rilevante nelle dinamiche di incendio di chioma. Per le conifere il rilascio di un piano dominato deve però essere valutato ai fini della prevenzione incendi poiché questo può

divenire un fattore determinante nella creazione di più piani verticali continui capaci di creare una critica scala di combustibili che, sui piani inferiori possono propagare l'incendio verso le chiome. Diviene quindi rilevante valutare distribuzione spaziale e struttura delle altezze del piano dominato.

Intervento selvicolturale: articolare la struttura verticale nell'ambito degli interventi a favore di candidate di specie sporadiche appartenenti al piano dominato applicando un intervento di diradamento che riduca la densità per piccole aree di intervento così da creare una irregolarità spaziale della copertura.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: interventi selvicolturali che operano modificando la struttura orizzontale del piano dominato, operando a favore di specie sporadiche, sono da considerarsi favorevoli ai fini della prevenzione incendi poiché incrementano una eterogeneità strutturale orizzontale del piano stesso con un criterio spaziale non uniforme, basato sulla distribuzione delle specie sporadiche. Questo può consentire quindi di ridurre le criticità legate alla mortalità diffusa ed uniforme del piano dominato con conseguente rischio di accumulo di necromassa al suolo nel tempo. Le favorevoli condizioni di luce create attorno alla pianta di specie sporadica, consentendo uno sviluppo più armonico della chioma, sono da considerarsi, nel lungo periodo, un fattore determinante nello sviluppo di una candidata capace di divenire una portaseme di valore nell'ottica di una dinamica di ricolonizzazione post disturbo incendio. Poiché nell'ambito delle formazioni a pino l'arricchimento specifico a favore delle latifoglie è sempre da preferire la creazione di condizioni di luce favorevoli nel piano dominato diviene fondamentale per le specie più eliofile tra queste.

OB6. Favorire la presenza di aree aperte e di specie erbacee e arbustive in fiore.

Le aree aperte nelle foreste aumentano la diversità del paesaggio influenzando la composizione e l'abbondanza delle specie di insetti (De Groot et al. 2016). Le specie faunistiche forestali utilizzano facoltativamente questi spazi vuoti per le risorse alimentari, grazie alla maggiore presenza di presenza di fioriture o per la riproduzione (Chiari et al. 2013; Emberger et al. 2016; Gittings et al. 2006; Hardersen et al. 2012). Le grandi aree aperte sono cruciali per aumentare la biodiversità, mentre le aree più piccole sono preferibili per la conservazione delle specie (De Groot et al., 2016). I seguenti interventi messi in atto possono essere coerenti o in contrasto con i principi di prevenzione incendi nelle IB.

Intervento selvicolturale: garantire la presenza di aree aperte per una superficie complessiva compresa tra 200-400 m²/ha, possibilmente distribuite in due unità (questo valore comprende aree aperte già eventualmente presenti).

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: la presenza di aree aperte prive di alberi è da considerarsi aspetto favorevole ai fini della prevenzione incendi poiché consente di modificare la dinamica di un incendio. Per le aperture delle dimensioni proposte tale dinamica è limitata alla riduzione di calore nello strato occupato dal popolamento per risalita verso l'alto dell'aria calda, che nelle aperture, trova una via preferenziale di uscita verso l'alto. Se tali dimensioni sono sufficienti all'insediamento di un piano inferiore di arbustive altamente infiammabili è necessario valutare attentamente la localizzazione delle aperture create artificialmente rispetto alla morfologia del versante ed alla più probabile traiettoria dell'incendio al fine di evitare condizioni favorevoli alla propagazione di questo.

Intervento selvicolturale: favorire la creazione di aree aperte riducendo per quanto possibile l'impatto prodotto dalla loro creazione operando in punti del sito con caratteristiche predisponenti es. presenza di margini già presenti, presenza di aree rocciose limitrofe a quella di intervento, aprendo piccole buche che successivamente saranno ampliate in direzione della luce favorevole.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: l'ampliamento di aperture a partire da situazioni favorevoli già presenti nel popolamento quali margini stabili prodotti da piante cresciute in popolamenti con minor densità, zone rocciose, creste o impluvi è da ritenersi una pratica favorevole ai fini della prevenzione incendio poiché, operando a partire da condizioni strutturali o morfologiche pre-esistenti, consente di ridurre il rischio di ingenerare nel popolamento una condizione di instabilità meccanica cui può seguire una frangitura o schianto delle piante con conseguente accumulo di necromassa al suolo.

Intervento selvicolturale: creare aperture in popolamenti con copertura densa e continua limitando la superficie unitaria a 100 m² ed abbinando a questo taglio un diradamento nel popolamento limitrofo al margine per favorire l'ingresso di luce diffusa al suolo.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: ai fini della prevenzione incendio la creazione di queste aperture in popolamenti di pino è da ritenersi una pratica non rilevante poiché la ridotta superficie delle aperture prodotte non ha effetti sulla dinamica dell'incendio. Il diradamento proposto sul rimanente popolamento, al fine di favorire l'ingresso di luce diffusa, va nella direzione di una articolazione strutturale da ritenersi sempre favorevoli ai fini dell'incremento della resistenza e della resilienza dei popolamenti come già indicato negli obiettivi precedentemente analizzati. L'effetto indotto in tal senso sarà in funzione dell'intensità del diradamento e sulla sua modalità di attuazione. Particolare attenzione è da porsi nelle situazioni per le quali, la luce diffusa al suolo, sia favorevole allo sviluppo di uno strato erbaceo-arbustivo continuo capace di modificare in modo significativo la dinamica dell'incendio.

Intervento selvicolturale: scoraggiare la diffusione di specie alloctone eventualmente presenti evitando di creare aperture in prossimità di queste per non favorirne la proliferazione sia per via agamica e gamica.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: ai fini della dinamica di ricostituzione post incendio, favorevole alle specie pioniere eliofile, l'assenza o scarsità di piante portaseme di specie alloctone è elemento determinante nella ricostituzione di un popolamento caratterizzato dalle specie tipiche della fascia vegetazionale di appartenenza.

Intervento selvicolturale: evitare la creazione di aperture nei popolamenti di latifoglie molto giovani per evitare un riscoppio delle ceppaie con produzione di polloni che rapidamente, sviluppandosi, ricopriranno il suolo impedendo l'ingresso di specie erbacee.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: nei popolamenti di pino nero l'eventuale presenza di individui giovani di latifoglie è da considerarsi come una opportunità a favore dell'incremento della ricchezza specifica e per tale motivo la loro gestione deve avere come obiettivo principale quello di allevare tali individui ai fini della produzione di seme favorendone la precoce fruttificazione. La ceduzione quindi, contrastando questo obiettivo è da evitare se non nel caso in cui gli individui presenti siano in uno stato di sofferenza tale da non garantirne uno sviluppo futuro adeguato, anche se favoriti dall'intervento selvicolturale. La ceduzione può rappresentare un'alternativa gestionale per ottenere nuovi individui vigorosi per via agamica, da selezionare come candidate nella gestione futura.

OB7. Aumentare la quantità di legno morto a terra e in piedi.

Si stima che tra il 20 e il 40% delle piante forestali, animali e funghi dipendono dal legno morto o morente in almeno una fase del loro ciclo vitale (Bauhus et al. 2019; Emberger et al. 2016). Il mantenimento di diverse qualità di legno morto in termini di specie arborea, diametro, classe di decomposizione e tipo (in piedi o a terra) ha un effetto positivo sulla conservazione delle comunità di specie saproxiliche (Lachat al. 2013). Inoltre, il legno morto non è solo riconosciuto come un elemento chiave per le specie saproxiliche,

ma è anche noto per la sua importante funzione nel rilascio di nutrienti e nella ritenzione idrica (Lachat et al. 2013). Per quanto riguarda le dimensioni del legno morto, le dimensioni maggiori sono state identificate come essenziali per la conservazione delle specie saproxiliche per diversi motivi: essendo più eterogenee, offrono più nicchie ecologiche e microhabitat, che a loro volta influenzano la diversità delle specie saproxiliche (Lachat et al. 2013); le dimensioni influenzano la stabilità delle condizioni microclimatiche e la disponibilità della risorsa, poiché il legno morto di grandi dimensioni si decompone più lentamente, rimanendo disponibile per un periodo più lungo, influenzando lo sviluppo larvale e lo sviluppo di diversi stadi di decomposizione (Gossner et al. 2013; Motta 2020). Il legno morto in piedi è importante per i pipistrelli e gli uccelli, che sfruttano questi elementi strutturali per l'alimentazione e la nidificazione o il roosting (Rigo et al. 2024); inoltre, gli elementi di grandi dimensioni sono normalmente scarsi nelle foreste gestite, e diventa fondamentale preservarli (Gossner et al. 2013; Lachat et al. 2013). Ai fini del progetto il diametro minimo considerato è di 17.5 cm (Emberger et al. 2016) e la quantità target minima è di 20 m³/ha (Micò et al. 2022). I seguenti interventi messi in atto possono essere coerenti o in contrasto con i principi di prevenzione incendi nelle IB.

Intervento selvicolturale: non rimuovere dalle aree di intervento il legno prodotto con i tagli.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: il rilascio totale della massa legnosa che si accumula a terra in seguito ad intervento selvicolturale è da valutare attentamente sia sulla base del rischio incendio della singola IB sia sulla base del volume rilasciato e delle dimensioni di questo. A tal fine le considerazioni devono basarsi sulla quantità, distribuzione spaziale e qualità della necromassa prodotto con gli interventi aventi l'obiettivo del raggiungimento dell'equilibrio diametrico proposto dal modello H al quale si rimanda per le considerazioni emerse in merito.

Intervento selvicolturale: ottimizzare una differenziazione, sia attraverso il taglio che la cercinatura, del legno morto, declinato secondo più specifici parametri.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (1- parametro densità rilascio): la diversificazione della creazione di necromassa in termini di spaziali (insieme di piante ravvicinate o per piante isolate) è da valutarsi ai fini del rischio incendio sulla base dello sviluppo diametrico delle piante ossia della tipologia di combustibile che viene rilasciato a terra. La produzione di elementi della necromassa di diametro medio-elevato non rappresenta infatti una criticità ai fini della prevenzione incendi per cui un eventuale accumulo di tali elementi non rappresenta una criticità. Maggior attenzione è da porsi alla gestione della ramaglia in tal senso.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (2- parametro esposizione alla luce): il rilascio di combustibile in diverse condizioni di luce è da considerarsi un fattore favorevole ai fini della prevenzione incendio poiché le diverse condizioni di luce inducono nel legno a terra un diverso grado di umidità e quindi un diverso grado di infiammabilità, a parità di diametro

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (3- parametro umidità): il rilascio di combustibile in diverse condizioni di umidità è da considerarsi un fattore favorevole ai fini della prevenzione incendio poiché le diverse condizioni inducono nel legno a terra un diverso grado di infiammabilità, a parità di diametro

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (4- parametro spazialità): un rilascio della necromassa al suolo uniformemente distribuito in termini spaziali è, ai fini della prevenzione incendi, una criticità poiché crea un presupposto di continuità del combustibile e quindi del potenziale fronte di fiamma.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (5- parametro tipologia): ai fini della tipologia di rilascio diviene rilevante la valutazione, per i tronchi a terra, del diametro degli elementi accumulati mentre per le piante morte in piedi questo aspetto non è rilevante.

Intervento selvicolturale: applicare la tecnica della cercinatura, declinato secondo più specifici obiettivi

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (1- favorire la messa in luce graduale della chioma di una pianta candidata causando la morte graduale della concorrente diretta evitando un improvviso isolamento con conseguenti problemi di stabilità): questa pratica può rappresentare una criticità per le pinete poiché la presenza di una pianta morta in piedi in prossimità di una pianta viva può essere elemento favorevole alla propagazione dell'incendio di chioma.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (2- evitare il danneggiamento di una pianta candidata con l'abbattimento della pianta concorrente posta nelle vicinanze): questa pratica può rappresentare una criticità per le pinete poiché la presenza di una pianta morta in piedi in prossimità di una pianta viva può essere elemento favorevole alla propagazione dell'incendio di chioma.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi (3- favorire il deperimento di piante senescenti di grosse dimensioni): la creazione di piante morte in piedi attraverso la tecnica della cercinatura può rappresentare un elemento di criticità se tali piante, una volta morte, possono diventare fattori critici ai fini dell'incendio, favorendone la propagazione. Un individuo senescente o morto può propagare l'incendio dai piani inferiori del popolamento sino alla chioma, grazie anche ad elementi legati alla reazione alla cercinatura quali le colate di resina.

Intervento selvicolturale: favorire la differenziazione della tipologia di legno morto tagliando le ceppaie ad una altezza di 1 metro, così che possano anche essere elementi di ancoraggio del legno morto prodotto e posto a terra nei siti con rischio di erosione del suolo.

Coerenza/contrasto con prevenzione incendi: questa pratica è da considerarsi indifferente ai fini della dinamica degli incendi poiché la presenza di ceppaie tagliate alte non è una criticità rispetto alla propagazione o persistenza di un incendio nel popolamento.

In **Tabella 9** sono sintetizzati, per singolo OB e singola prescrizione, i risultati dell'analisi e relative eventuali precisazioni.

Tabella 9 - Tabella di sintesi degli effetti degli interventi selvicolturali proposti ai fini della conservazione della biodiversità sugli aspetti relativi alla prevenzione incendi per l'Habitat 9530.

prescrizioni	Habitat 9530	precisazioni
OB1. Puntare a una struttura di massima funzionalità teorica		
eliminando con il taglio o la cercinatura le piante sovranumerali rispetto al modello H di riferimento per l'habitat	potenziale contrasto	in funzione dell'intensità del prelievo e del rilascio dei tronchi a terra
conservando o favorendo quelle appartenenti alle classi diametriche sottonumerali.	potenziale contrasto	se attuato a scapito delle piante Large e Very large
selezionando gli individui di dimensioni maggiori di una classe se quella successiva è sottonumerale rispetto al modello.	favorevole	
favorendo la creazione di condizioni favorevoli all'insediamento della rinnovazione o alla sviluppo di quella esistente se la classe "saplings" risulta poco rappresentata.	potenziale contrasto	in funzione della possibilità di creare una continuità verticale del combustibile nella direzione di più probabile direzione incendio
OB2. Promuovere la presenza di alberi molto grandi (VLT) (diam>57.5 cm)		
preservare gli alberi VLT esistenti	favorevole	
candidare un certo numero di alberi per favorirne la crescita nei soprassuoli più giovani attraverso un diradamento selettivo estensivo. Nella stadio "Poles" sono da favorire le candidate:		
i) con buona stabilità meccanica (H/DBH<80),	favorevole	
ii) con buona profondità di chioma (1/3 dell'altezza)	potenziale contrasto	in funzione di valori di profondità di chioma da ritenersi troppo elevati ai fini della dinamica degli incendi di chioma
iii) con chioma sviluppata e simmetrica	favorevole	
candidare un certo numero di alberi per favorirne la crescita nei soprassuoli ad uno stadio evolutivo più avanzato attraverso un approccio di selvicoltura ad albero. Nella stadio "Large category" sono da favorire le candidate:		
i) con diametro superiore nell'ambito dello stadio (37.5-57.5 cm)	favorevole	
ii) con effettiva concorrenza diretta	favorevole	
candidare, quando presente una struttura per gruppi, un insieme di piante vicine attuando un intervento a favore dell'intero gruppo (da trattare quindi come unico candidato)	potenziale contrasto	in funzione del rischio di rilascio di gruppi con una struttura verticale sfavorevole ai fini della propagazione incendio di chioma (scala combustibili)
candidare le specie autoctone meno rappresentate nel popolamento purché in grado di potersi sviluppare come individuo arboreo di grandi dimensioni	favorevole	
candidare le specie autoctone meno rappresentate nel popolamento localizzate in posizioni particolari (es. in prossimità di aperture o condizioni edafiche particolari)	favorevole	
OB3. Favorire la presenza di alberi habitat		
garantire una maggior longevità della pianta con dendromicrohabitat attraverso un diradamento selettivo a suo favore che riduca la concorrenza diretta da parte di piante appartenenti al piano dominante o codominante consentendo un maggior arrivo di luce nel piano delle chiome	favorevole	
arricchire la complessità strutturale del popolamento in prossimità della loro presenza riducendo fortemente la densità della foresta in contiguità di TreM che ospitano uccelli o pipistrelli, in modo da rendere questi alberi più favoriti per queste specie faunistiche.	potenziale contrasto	in funzione del rischio di accumulo di combustibile potenziale critico in prossimità della TreM
Includere nell'elenco dei TreM anche le matricine della pregressa gestione a ceduo anche se prive di dendromicrohabitat e favorire la loro vitalità e permanenza con interventi selvicolturali attuati a loro favore poiché sono ottime potenziali piante TreM	favorevole	
OB4. Favorire la diversità specifica del bosco		
favorire una maggior ricchezza specifica rilasciando tutti gli alberi appartenenti a specie sporadiche	favorevole	
favorire accrescimento e sviluppo delle piante appartenenti a specie sporadiche caratterizzate da una buona vigoria riducendo la concorrenza diretta delle altre piante con un diradamento selettivo.	favorevole	
OB5. Favorire una struttura verticale eterogenea		
articolare la struttura verticale nell'ambito degli interventi a favore delle candidate operando un diradamento dall'alto a carico delle dirette concorrenti di chioma senza intervenire sul piano dominato	potenziale contrasto	in funzione della possibile creazione di piani verticali continui capaci di creare una critica scala di combustibili rispetto alla direzione di più probabile direzione incendio (per le pinete) o di un indesiderato accumulo di necromassa per mortalità dei polloni (nei castagneti)
articolare la struttura verticale nell'ambito degli interventi a favore di candidate di specie sporadiche appartenenti al piano dominato applicando un intervento di diradamento che riduca la densità per piccole aree di intervento così da creare una irregolarità spaziale della copertura	favorevole	
OB6. Favorire la presenza di aree aperte e di specie erbacee e arbustive in fiore		
garantire la presenza di aree aperte per una superficie complessiva compresa tra 200-400 m2/ha, possibilmente distribuite in due unità (questo valore comprende aree aperte già eventualmente presenti)	favorevole	
favorire la creazione di aree aperte riducendo per quanto possibile l'impatto prodotto dalla loro creazione operando in punti del sito con caratteristiche predisponenti es. presenza di margini già presenti, presenza di aree rocciose limitrofe a quella di intervento, aprendo piccole buche che successivamente saranno ampliate in direzione della luce favorevole	favorevole	
creare aperture in popolamenti con copertura densa e continua limitando la superficie unitaria a 100 m2 ed abbassando a questo taglio un diradamento nel popolamento limitrofo al margine per favorire l'ingresso di luce diffusa al suolo.	potenziale contrasto	in funzione della possibilità che l'ingresso di luce diffusa sia sufficiente alla formazione di uno strato erbaceo-arbustivo continuo sfavorevole rispetto alla dinamica di propagazione dell'incendio
scoraggiare la diffusione di specie alloctone eventualmente presenti evitando di creare aperture in prossimità di queste per non favorirne la proliferazione sia per via agamica e gamica	favorevole	
evitare la creazione di aperture nei popolamenti di latifoglie molto giovani per evitare un riscopio delle ceppaie con produzione di polloni che rapidamente, sviluppandosi, ricopriranno il suolo impedendo l'ingresso di specie erbacee.	favorevole	
OB7. Aumentare la quantità di legno morto a terra e in piedi		
non rimuovere dalle aree di intervento il legno prodotto con i tagli	potenziale contrasto	in funzione della quantità, distribuzione e qualità della necromassa prodotta con l'intervento
ottimizzare una differenziazione, sia attraverso il taglio che la cercinatura, del legno morto in termini di:		
i) densità di materiale (accumulo di alberi e singoli alberi),	potenziale contrasto	in funzione dello sviluppo diametrico delle piante ossia della tipologia di combustibile che viene rilasciato a terra
ii) illuminazione (in luce e in ombra),	favorevole	
iii) umidità (nelle valli o nelle cunette),	favorevole	
iv) spazialità (privilegiando la concentrazione rispetto alla distribuzione regolare)	favorevole	
v) tipologia (in piedi o a terra).	favorevole	
applicare la tecnica della cercinatura al fine di:		
i) favorire la messa in luce graduale della chioma di una pianta candidata causando la morte graduale della concorrente diretta evitando un improvviso isolamento con conseguenti problemi di stabilità	potenziale contrasto	in funzione della creazione di una condizione favorevole alla propagazione dell'incendio di chioma per presenza di una pianta morta in piedi in prossimità di una pianta viva
ii) evitare il danneggiamento di una pianta candidata con l'abbattimento della pianta concorrente posta nelle vicinanze	potenziale contrasto	in funzione della creazione di una condizione favorevole alla propagazione dell'incendio di chioma per presenza di una pianta morta in piedi in prossimità di una pianta viva
iii) favorire il deperimento di piante senescenti di grosse dimensioni	potenziale contrasto	in funzione della possibilità di creare condizioni favorevoli alla formazione di colate di resina o piante morte in prossimità di piante vive
favorire la differenziazione della tipologia di legno morto tagliando le ceppaie ad una altezza di 1 metro, così che possano anche essere elementi di ancoraggio del legno morto prodotto e posto a terra nei siti con rischio di erosione del suolo.	indifferente	

2.3.3 Comportamento potenziale del fuoco e scenari gestionali - Pino nero - Habitat 9530

2.4 Autoresistenza in popolamenti Habitat 9530: prescrizioni nelle aree di intervento esterne alle CA e IB, perimetrali alle IB ed a carico degli Alberi habitat (HT)

In questo paragrafo vengono descritti i criteri di selvicoltura preventiva da realizzare nelle infrastrutture di autoresistenza al disturbo da fuoco in popolamenti di pino nero – Habitat 9530 esterni alle CA e IB o eventualmente nelle fasce perimetrali delle stesse. Sono inoltre illustrate le prescrizioni selvicolturali a carico degli Alberi Habitat (HT). La sintesi dei parametri proposti nel capitolo è illustrata nella **Figura 54** e **Figura 54** e nella mappa mentale riportata in **Figura 56**.

Per le CA sono sempre da attuare interventi di selvicoltura preventiva per l'autoresistenza nei popolamenti posti esternamente a queste e nella direzione dell'incendio più probabile. La profondità della fascia di intervento deve essere superiore a 100 metri e di ampiezza variabile in funzione della pendenza e della morfologia del versante.

Per le IB sono sempre da attuare interventi di selvicoltura preventiva per l'autoresistenza quando queste risultano, nell'ambito del comprensorio analizzato, essere quelle a più elevata pericolosità incendio e di maggior dimensioni. Per le IB ricadenti in tale situazione e classificate di tipo "conservative" sono da prevedere interventi esclusivamente a carico del popolamento forestale esterno a queste e nella direzione dell'incendio più probabile. La profondità della fascia di intervento deve essere superiore ai 50 metri e di ampiezza variabile in funzione della pendenza e della morfologia del versante. Per le IB classificate di tipo "improved" sono da prevedere sempre interventi nei popolamenti posti esternamente a queste (sempre per una fascia > ai 50 m) e, se ritenuti funzionali all'efficacia degli interventi esterni, sono da prevedere anche interventi interni, sempre nella direzione dell'incendio più probabile, per una fascia di profondità di 30-50 m.

Per gli Alberi Habitat posti nelle porzioni di comprensorio a più elevata pericolosità incendio è necessario attuare sempre interventi di selvicoltura preventiva per l'autoresistenza operando, nel piano inferiore delle chiome (gestione combustibili), per una fascia di almeno 5-10 metri di raggio dal tronco, e nel piano superiore delle chiome per una fascia di almeno 5 m dal perimetro esterno di queste.

Le prescrizioni vengono distinte distinguendo le attività a carico dei popolamenti e le attività a carico dei combustibili di superficie.

Prescrizioni popolamento

- ✓ progettare un reticolo di aperture ellittiche di dimensioni variabili (250-1100 m²) su due livelli. Un primo livello con buche più grandi aventi l'asse maggiore (3-4 volte l'altezza media del popolamento) orientato lungo la direzione di propagazione attesa dell'incendio di chioma e un secondo livello, con buche più piccole (1-2 volte l'altezza media del popolamento) che si dipartono trasversalmente dalle buche principali
- ✓ ottenere almeno il 30% di aperture nell'area d'intervento. Le buche devono garantire una distanza minima di 10 m tra le chiome delle piante dei margini opposti lungo l'asse minore
- ✓ effettuare, in funzione della struttura di partenza, interventi a ripresa variabile in termini di volume/ha, area basimetrica/ha e piante/ha cercando di favorire una struttura a gruppi, anche in popolamenti tendenzialmente coetaneiformi come le pinete di pino silvestre
- ✓ frammentare i gruppi estesi e monoplani in modo tale da articolare la struttura in gruppi piccoli (2-4 piante, circa 40/ha), medi (5-9 piante, circa 10/ha) e alberi isolati con caratteri di resistenza al fuoco e stabili (50/ha)

- ✓ curare il rilascio di piante e gruppi stabili, per prevenire gli effetti di schianti da vento e da neve pesante e favorire le specie meno infiammabili (latifoglie)
- ✓ gestire la rinnovazione: non favorirne direttamente l'insediamento nei punti critici, orientando le buche in modo tale da avere molta luce diretta nelle ore mattutine; viceversa, favorirla nelle restanti porzioni del popolamento garantendo una certa quota di ombreggiamento mattutino

Gestione dei combustibili di superficie

- ✓ ridurre i combustibili di superficie nei punti critici: impluvi, cambi di pendenza.
- ✓ mantenere al massimo un 20% della copertura arbustiva infiammabile con altezza massima 2 m, avendo l'accortezza di non lasciare combustibili-scala.
- ✓ ridurre i combustibili fini di superficie (lettiera, erbe e necromassa con diametri < 2,5 cm) per portare il carico al di sotto di 15 t/ha.
- ✓ interventi di riduzione del combustibile di superficie manuali: decespugliamento e riduzione della necromassa con motosega e decespugliatore. Depezzare ed allestire la necromassa non asportata aderente il più possibile al terreno evitando accumuli, soprattutto alla base dei fusti e in corrispondenza o a valle di gruppi di piante.
- ✓ dove possibile effettuare l'abbruciamento dei residui di utilizzazione in catasta con un volume < 3 m steri.
- ✓ interventi di riduzione del combustibile di superficie meccanici: eseguire la trinciatura su pendenze < 15% e in siti con un buon livello di accessibilità e assenza di rocciosità affiorante.
- ✓ fuoco prescritto: ridurre il carico della lettiera di almeno il 70% e del 50% quello della necromassa con $D \leq 2,5$ cm. Limitare la mortalità del popolamento arboreo con $D \geq 15$ cm entro il 5%. A tal fine, operare con intensità di fiamma < 200 kW/m e lavorare in presenza di vento che disperda il calore e lo allontani dalle chiome. Usare la tecnica di accensione lineare controvento e pendenza o quella a punti purché accesi a non più di 2 m dal fronte del fuoco di progetto, in modo tale da operare con valori più conservativi di lunghezza di fiamma e velocità di propagazione - compatibili con un cantiere di fuoco prescritto sotto copertura di conifere.

3 Pianificazione della prevenzione incendi e conservazione habitat a scala di paesaggio

3.1 Metodologia comune

La **Task 3.2** del progetto GoProForMed ha sviluppato una **metodologia replicabile** per valutare i trade-off fra una pianificazione della prevenzione incendi dedicata alla tutela degli habitat Natura 2000 ed una pianificazione per la mitigazione del rischio incendi nelle zone di interfaccia urbano-rurale e in aree dove i popolamenti forestali svolgono funzioni di protezione generale del suolo e produzione di biomassa e stock di carbonio. La metodologia sviluppata utilizza il sistema di modelli e funzioni del sistema di supporto alle decisioni FlamMap, ampiamente usato per la pianificazione della prevenzione incendi (Finney 2004). Questo modello ha consentito di testare **scenari alternativi di priorità** da proteggere con la pianificazione di infrastrutture preventive nei siti Natura 2000 del Pratomagno (Italia) e Prades (Spagna). In entrambi i siti si è partiti dai rispettivi piani di prevenzione incendi a scala territoriale e dalla attuale pianificazione strategica delle infrastrutture preventive che prevede il 1% del territorio trattato. Gli scenari testati sono: i) **Assenza di prevenzione – PRE**: scenario in cui non è prevista nessuna infrastruttura preventiva; ii) **Business as usual – BAU**: attuale approccio di pianificazione riscontrato nei due territori analizzati che non dà priorità alla conservazione della biodiversità; iii) **BIO**: priorità alle sole CA e IB come definite dal GoProForMed; iv) **TRADE-OFF**: compromesso fra i due scenari alternativi **mantenendo costante il 1%** della superficie complessiva trattabile. A seguire viene descritta la metodologia sviluppata e la sua applicazione ai siti GoProFoMed.

3.1.1 Definizione del rischio di incendio

Il rischio d'incendio emerge dalla combinazione fra **pericolosità incendi** in un dato territorio che si potrebbe manifestare negli anni e l'**impatto potenziale** di questi incendi. Nel Deliverable 3.2 la distribuzione spaziale a scala di paesaggio del rischio di incendio deriva dall'integrazione delle diverse componenti del rischio quali: i) **probabilità di innesco** e diffusione del fronte di fiamma, ii) **comportamento atteso del fuoco** espresso come intensità lineare del fronte di fiamma, iii) **vulnerabilità** delle zone di interfaccia e dei servizi ecosistemici: protezione generale del suolo, biomassa e stock di carbonio, habitat Natura 2000, CA e IB come definite dal progetto GoProForMed, iii) **esposizione** delle zone di interfaccia urbano-rurale e dei servizi ecosistemici fondamentali. Nei paragrafi che seguono vengono analizzate le singole componenti del rischio di incendio e le modalità di realizzazione di ciascun livello informativo per ciascun caso studio.

3.1.1.1 Pericolosità

La pericolosità di incendio (pericolosità) viene intesa come la **probabilità** che accada un incendio di una certa **intensità**. Per definire la pericolosità a scala di paesaggio si utilizza la probabilità di passaggio dell'incendio e la stima del comportamento atteso del fuoco con riferimento all'intensità lineare (espressa in kW/m) potenzialmente raggiungibile dal fronte di fiamma. L'obiettivo dell'analisi della probabilità è soprattutto quello di testare il potenziale di diffusione dell'incendio, mentre la mappatura dell'intensità potenziale fornisce informazioni da poter confrontare con la capacità di spegnimento del sistema antincendio ed il potenziale impatto sull'ecosistema. Di seguito viene descritta la metodologia individuata per la costruzione dei livelli informativi e la relativa combinazione per produrre la carta tematica finale.

La valutazione del comportamento del fuoco si realizza attraverso l'implementazione di appositi modelli numerici di simulazione di incendio a partire dai dati di input relativi alle variabili che intervengono nella propagazione del fuoco. Per simulare il comportamento del fuoco e per produrre la carta della probabilità di percorrenza e delle intensità potenziale di incendio è stato utilizzato l'**applicativo FlamMap** (Finney

2004), applicativo **open source** sviluppato dal Forest Service dell'USDA (United States Department of Agriculture). Questo modello consente di simulare, mappare e analizzare le caratteristiche del comportamento potenziale degli incendi boschivi in un ambiente bidimensionale sfruttando il modello semi-empirico sviluppato da Rothermel (1972). Inoltre, consente di valutare l'effetto della pianificazione strategica della prevenzione in termini di variazione del comportamento potenziale del fuoco. Attraverso la simulazione di scenari alternativi di pianificazione della prevenzione (quantità di interventi di prevenzione incendi sul territorio e loro distribuzione spaziale) consente di confrontare quali soluzioni siano più efficaci per mitigare la severità degli incendi (Finney, 2006) nelle zone esposte, i.e. habitat Natura 2000, CA e IB, zone di interfaccia urbano-rurale etc.

Il primo passaggio consiste nel generare l'ambiente di simulazione – **landscape file** – contenente tutte le caratteristiche morfologiche e vegetazionali dell'ambiente entro cui analizzare il comportamento del fuoco. Per questa fase sono necessari 5 input (file in formato ASCII) contenenti le caratteristiche della topografia e dei combustibili. Le dimensioni del landscape sono state definite considerando l'estensione delle aree Natura 2000 del Pratomagno e Prades oggetto di pianificazione ai fini del progetto GoProForMed ed il potenziale di sviluppo di grandi incendi nell'area, in modo da tenere conto di eventi che vengono innescati anche lontano dal SIC ma che hanno un potenziale di propagazione fino all'interno del SIC.

I diversi inputs (raster files, risoluzione: 20x20 m) utilizzati nel modello FlamMap sono:

- Elevation - quota (m s.l.m.);
- Slope - pendenza (°);
- Aspect - esposizione (°N);
- Fuel model - modelli di combustibile attribuiti a ciascun uso del suolo (codice Scott & Burgan, 2005);
- Canopy cover - copertura delle chiome (%), utilizzando la carta della Tree Cover Density calcolata per il 2018 dal progetto Copernicus.

Il secondo passaggio consiste nel definire gli input di simulazione: i) lo **scenario meteorologico**, che comprende i parametri di umidità dei combustibili vivi e morti (fuel moisture file), l'umidità della chioma (foliar moisture content) ed il metodo di calcolo dell'incendio di chioma (Crown fire calculation method); ii) lo **scenario di vento**, cioè i parametri di velocità (in km/h) e direzione di provenienza prevalente (in ° rispetto al N) del vento.

Una volta definite le condizioni ambientali su cui dimensionare la pianificazione della prevenzione si sceglie la tipologia di simulazione in base agli output desiderati. Le analisi realizzate sono: i) analisi della **Burn Probability** (probabilità di percorrenza); ii) analisi della **Potential Fireline Intensity** (intensità potenziale); iii) analisi delle **traiettorie preferenziali**.

L'analisi della **probabilità di percorrenza** da incendio per l'area di studio è stata realizzata simulando **5000 incendi** della **durata di 48 ore** (2880 minuti) utilizzando la funzione Minimum Travel Time (MTT) con una risoluzione di calcolo di 40 m. I 5000 inneschi sono stati distribuiti sul territorio infiammabile (territorio forestale e prato-pascoli) in maniera proporzionale secondo due metodi: i) metodo casuale = 10% dei punti di innesco (500 pt.); ii) metodo schematico = 30% dei punti di innesco (1500 pt.); iii) metodo probabilistico = 50% dei punti di innesco (3000 pt.).

Il **metodo casuale** rappresenta la componente di incendi legati alle cause naturali (prevalentemente fulmini), che sono la minor parte delle cause di incendio in Europa. Il metodo schematico rappresenta gli incendi stocastici legati alle cause naturali e antropiche (i.e. scintille dai cavi delle infrastrutture lineari dell'alta tensione). Si è deciso di distribuire i punti: secondo una griglia a maglia regolare, per evitare di sottostimare la probabilità di innesco di alcune porzioni di territorio. Il **metodo probabilistico** rappresenta la componente di probabilità di incendio in funzione delle attività antropiche (principali cause di innesco)

e, pertanto, la distribuzione dei punti con questo metodo è avvenuta in funzione della prossimità alle zone di pressione antropica utilizzando come proxy la viabilità. La probabilità di incendio è stata calcolata in modo proporzionale al numero di volte che un pixel è stato percorso dai 5000 incendi simulati.

L'**intensità lineare potenziale** è stata simulata utilizzando il modulo "Fire behaviour" di FlamMap, che determina per ogni pixel del landscape l'intensità lineare in kW/m indicativa del comportamento potenziale che si può sviluppare in quel punto in base alla infiammabilità dei combustibili, al vento ed alla pendenza del versante.

Tutte le simulazioni hanno previsto come **scenario di vento sinottico** caratterizzato da venti con velocità standard media di 15 km/h e direzione prevalente del vento rappresentativa delle condizioni predisponenti il fenomeno degli incendi in ciascun caso studio come dedotto dai rispettivi piani territoriali: i) Pratomagno: SE (135°); ii) Prades: NW (315°). Inoltre, tutte le simulazioni hanno adottato lo **scenario di umidità D1L1** (Scott & Burgan, 2005, **Tabella 10**) che prevede la disidratazione sia delle componenti di combustibile vive che morte. Per i combustibili di chioma non si sono calcolati specifici temi input del landscape file, è stata settata l'umidità delle chiome pari al 100% e come metodo di propagazione Finney (2004).

Tabella 10 - Valori di umidità dei combustibili morti (divisi in classi di combustibile secondo la classificazione di Pyne et al., 1996) e vivi (Scott & Burgan, 2005).

Scenario	D1 - Low			L1 - Fully cured, Very low	
Status	Dead fuel			Live fuel	
Component	1h	10h	100h	Grass	Shrub
Umidità (%)	3	4	5	30	60

Una volta calcolate, la probabilità di incendio e l'intensità potenziale, sono state suddivise in 6 classi (Null, Very Low, Low, Medium, High, Very High) utilizzando determinate soglie derivate dalle simulazioni effettuate come riportate in **Tabella 11**.

Tabella 11 - Soglie delle 6 classi di Fireline Intensity e Burn Probability dei due casi studio.

	Italy - Pratomagno		Catalunya - Prades	
Class	Fireline Intensity (kW/m)	Burn Probability	Fireline Intensity (kW/m)	Burn Probability
Null	0	0	0	0
Very Low	0-100	0-0.001	0-100	0-0.3
Low	100-250	0.001-0.009	100-250	0.3-0.5
Medium	250-500	0.009-0.015	250-500	0.5-0.8
High	500-1000	0.015-0.025	500-1000	0.8-0.91
Very High	>1000	>0.025	>1000	>0.91

Per definire la pericolosità di incendio è stata quindi elaborata una matrice di combinazione tra le classi di probabilità di percorrenza e quelle di intensità lineare potenziale al fine di suddividere la pericolosità in 6 classi (Null, Very Low, Low, Medium, High, Very High) come riportata in **Tabella 12**.

Tabella 12 - Matrice di combinazione della classe di pericolosità, come combinazione delle classi di probabilità e intensità.

	Probabilità incendio						
Intensità potenziale	Pericolosità	Very High	High	Medium	Low	Very Low	Null
	Very High	Very High	Very High	High	High	Medium	Null
	High	Very High	High	High	Medium	Low	Null
	Medium	High	High	Medium	Low	Low	Null
	Low	High	Medium	Low	Low	Very Low	Null
	Very Low	Medium	Medium	Low	Very Low	Very Low	Null
	Null	Null	Null	Null	Null	Null	Null

3.1.2 Impatto potenziale

L'impatto potenziale degli incendi boschivi emerge dalla **vulnerabilità** delle zone di interfaccia urbano-rurale e delle zone che forniscono servizi ecosistemici fondamentali e dalla loro **esposizione** al disturbo da fuoco. Anche l'impatto potenziale viene calcolato mediante una matrice di combinazione, espressa tramite 5 classi (Very Low, Low, Medium, High, Very High).

La **vulnerabilità** rappresenta la sensibilità dell'ecosistema e delle sue funzioni al disturbo da fuoco, ed è definita come la capacità di resistenza e resilienza in seguito al passaggio del fuoco. La vulnerabilità è calcolata tramite una matrice di combinazione dei seguenti servizi ecosistemici:

- **Biodiversità:** sensibilità al fuoco degli habitat della Rete Natura 2000 e presenza delle Core Areas (CA) e Isole di Biodiversità (IB) degli habitat mediterranei target da proteggere.
- **Biomassa e carbon-stock:** quantità di biomassa epigea presente.
- **Protezione del suolo:** funzione di protezione dall'erosione del suolo.
- **Protezione civile:** funzione di protezione delle zone di interfaccia urbano-rurale.

Biodiversità: la sensibilità al fuoco degli habitat della Rete Natura 2000 (RN2000) presenti all'interno del sito di studio è definita come un insieme di caratteri di resistenza e resilienza. La resistenza è legata alle caratteristiche fisico/meccaniche delle singole specie nel proteggersi dal fuoco e mantenere la vitalità. La resilienza al passaggio del fronte di fiamma misura la capacità dell'ecosistema di ristabilire le condizioni precedenti il disturbo. A seconda dei suoi caratteri di resistenza e resilienza, un habitat viene definito sensibile, indifferente o tollerante al passaggio del fuoco. Un habitat è considerato sensibile se le specie dominanti che lo compongono non hanno sviluppato adattamenti al fuoco e perciò la loro sopravvivenza e capacità di ripristino post disturbo sono compromesse dal passaggio dell'incendio. Al contrario, un habitat è considerato tollerante quando le specie dominanti traggono vantaggio dal passaggio del fuoco, che permette loro di rinnovarsi e/o rimanere più competitive rispetto ad altre specie. Infine, gli habitat che non traggono né benefici né svantaggi dal verificarsi di un incendio sono considerati indifferenti al fuoco. Sulla base della letteratura scientifica (**Allegato A**), a ciascun habitat presente nell'area di studio di interesse è stata attribuita una fra le 3 classi di sensibilità al fuoco (Low, Medium, High), mentre alle superfici non infiammabili (acque, urbano, suolo nudo) è stata assegnata la classe nulla (Null). Agli habitat target di progetto (habitat 9260 e 9530*) è stata attribuita la classe di sensibilità High (i.e. classe 3).

Le Core Areas (CA) e Isole di Biodiversità (IB) degli habitat mediterranei target (habitat 9260 e 9530*) sono gli obiettivi di conservazione della biodiversità da proteggere individuati all'interno del sito dalla Task 3.1. Vengono quindi considerati obiettivi prioritari nella pianificazione incendi a scala di paesaggio; pertanto, le porzioni di territorio che ricadono all'interno di queste aree viene attribuita direttamente la classe di sensibilità al fuoco High (i.e. classe 3).

Biomassa e carbon-stock: la vulnerabilità di questo servizio ecosistemico da parte delle superfici boscate nei due casi studio è rappresentata dall'ammontare della biomassa forestale totale presente (ton/ha) ad una risoluzione di 100 m ottenuta dal programma Copernicus¹. Sono state individuate 5 classi di biomassa forestale totale (Very Low, Low, Medium, High, Very High) con cui è stata classificata la superficie di interesse (**Tabella 13**).

Tabella 13 - Soglie delle 5 classi del servizio biomassa e carbon-stock dei due casi studio.

	Italy-Pratomagno	Catalunya-Prades
Class	Forest Biomass (ton/ha)	Forest Biomass (ton/ha)
Very Low	0-1	0-1
Low	1-109	1-32
Medium	109-170	32-63
High	170-231	63-95
Very High	>231	>95

Protezione del suolo: la funzione di protezione dall'erosione del suolo viene quantificata tramite il calcolo della Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) proposta da Renard et al. (1997):

$$A=R \times K \times L \times S \times C$$

dove:

- A: suolo asportato dall'erosione idrica (t·ha⁻¹·anno⁻¹);
- R: erosività delle precipitazioni (MJ·mm·h⁻¹·ha⁻¹·anno⁻¹);
- K: erodibilità del suolo, che è la perdita di suolo per unità di R (t·h·MJ⁻¹·mm⁻¹);
- L: lunghezza del versante (adimensionale);
- S: pendenza del versante (adimensionale);
- C: fattore di copertura del suolo (adimensionale);

Per entrambi i casi di studio, è stata utilizzata la carta generata attraverso il modello RUSLE 2015 (versione modificata del modello RUSLE) da Panagos et al. (2015), il quale stima la perdita di suolo in ton/ha/anno a una risoluzione di 100 m sulla base dei migliori dati disponibili². Sulla base del tasso di erosione (ton/ha/anno) è stata effettuata una suddivisione del territorio in 5 classi (Very Low, Low, Medium, High, Very High) come in **Tabella 14**.

¹ <http://data.europa.eu/89h/6d2cb333-7a81-4249-af30-18b2a91a8a90>

² <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/soil-erosion-water-rusle2015>

Tabella 14 - Soglie delle 5 classi di protezione dall'erosione del suolo dei due casi studio.

	Italy-Pratomagno	Catalunya-Prades
Class	Soil erosion (ton/ha/anno)	Soil erosion (ton/ha/anno)
Very Low	0-1	0-1
Low	1-50	1-45
Medium	50-100	45-90
High	100-150	90-135
Very High	>150	>135

Protezione civile: la funzione di protezione civile è relativa alle zone di interfaccia urbano-rurale, ovvero quelle zone dove le attività antropiche entrano in contatto con la vegetazione infiammabile e influenzano il fenomeno incendi modificando la frequenza e la numerosità degli inneschi. La zona di interfaccia è materializzata da un buffer di 100 m costruito intorno alle aree urbanizzate e alla viabilità (50 m a valle e 50 m a monte della viabilità ordinaria). La funzione di protezione civile è un obiettivo prioritario della pianificazione antincendio, perciò, alle porzioni di territorio che ricadono all'interno del buffer dell'interfaccia viene attribuita direttamente la classe di sensibilità al fuoco Very High.

L'**esposizione** rappresenta il valore funzionale che si attribuisce alla risorsa naturale e al relativo grado di conflitto con il passaggio del fuoco. Gli elementi di vulnerabilità di maggior rilievo sono:

- Presenza di CA e IB degli habitat mediterranei target (habitat 9260 e 9530*) (Biodiversity).
- Presenza di habitat infiammabili (Habitat).
- Presenza di ecosistemi forestali con significativo ammontare di biomassa (Forest Ecosystem Services).
- Presenza di erosione del suolo significativa (pendenze > 40 %) (Soil erosion).
- Zone di interfaccia urbano-rurale (Urban-wilderness interface).

È stato generato un raster (passo 100 m x 100 m) per ciascun servizio esposto dove: 1 rappresenta la presenza del servizio esposto o, nel caso dell'erosione del suolo, del verificarsi delle condizioni predisponenti e, quindi, di un possibile conflitto con il verificarsi di un incendio; 0 rappresenta l'assenza di elementi di vulnerabilità/condizioni predisponenti, con la conseguente mancanza di conflitto con l'eventuale passaggio del fuoco. L'esposizione viene calcolata come matrice di combinazione di raster 0-1 ed è espressa in 5 classi.

Infine, l'**impatto potenziale da incendio** è stato calcolato attraverso una matrice di combinazione tra le classi di vulnerabilità e quelle di esposizione al fine di suddividere la vulnerabilità generale in 5 classi (Very Low, Low, Medium, High, Very High) (**Tabella 15**).

Tabella 15 - Matrice di combinazione dell'impatto potenziale, come combinazione delle classi di vulnerabilità ed esposizione.

Vulnerabilità	Esposizione					
	Impatto potenziale	Very High	High	Medium	Low	Very Low
	Very High	Very High	Very High	High	High	Medium
	High	Very High	High	High	Medium	Low
	Medium	High	High	Medium	Low	Low
	Low	High	Medium	Low	Low	Very Low
	Very Low	Medium	Medium	Low	Very Low	Very Low

3.1.3 Rischio d'incendio

Il rischio d'incendio risulta dal prodotto dell'impatto potenziale con la pericolosità:

$$\text{Rischio di incendio} = \text{impatto potenziale} \times \text{pericolosità}$$

La spazializzazione del rischio si ottiene tramite una matrice di combinazione di pericolosità e impatto potenziale, espressa tramite 6 classi di rischio (Null, Very Low, Low, Medium, High, Very High), come in Tabella 16.

Tabella 16 - Matrice di combinazione delle classi di rischio, come combinazione delle classi di impatto potenziale e pericolosità.

Impatto potenziale	Pericolosità						
	Rischio	Very High	High	Medium	Low	Very Low	Null
	Very High	Very High	Very High	High	High	Medium	Null
	High	Very High	High	High	Medium	Low	Null
	Medium	High	High	Medium	Low	Low	Null
	Low	High	Medium	Low	Low	Very Low	Null
	Very Low	Medium	Medium	Low	Very Low	Very Low	Null

3.1.4 Analisi pericolosità pre- e post- scenari di prevenzione incendi

Per ciascun caso studio, utilizzando i parametri di simulazione descritti nel **paragrafo 3.1.1.1**, è stata simulata la **pericolosità potenziale in assenza di infrastrutture preventive** per la mitigazione degli incendi potenziali. Il metodo ha previsto di calcolare: i) **probabilità di percorrenza in assenza di prevenzione (BP PRE)**; ii) **l'intensità lineare potenziale in assenza di prevenzione (FI PRE)**. Inoltre, per entrambi i casi studio è stata inoltre estratta la **Fire size list (fsl PRE; .csv)** riportante la superficie percorsa (ha) di tutti e 5000 gli incendi potenziali simulati a partire da ciascun punto di innesco. È stata quindi calcolata la **pericolosità in assenza di prevenzione (Hazard PRE)**.

Per simulare lo **scenario BAU (Business as usual)**, è stata fatta una nuova simulazione utilizzando gli stessi punti di innesco e i medesimi parametri di umidità e di vento. Tuttavia, in questo scenario sono state inserite spazialmente e parametrizzate le **infrastrutture preventive previste** e descritte nei piani di prevenzione a scala territoriale in vigore nei due siti del Pratomagno e Prades che prevedono la realizzazione di interventi per il **1% della superficie infiammabile (Treatments BAU)**. Nello scenario BAU l'obiettivo prioritario della prevenzione incendi è quello di protezione civile. Sono stati ottenuti come outputs: i) la probabilità di percorrenza dello scenario business as usual (**BP BAU**); ii) la fire size list dello scenario business as usual (**fsl BAU; .csv**)

3.1.5 Pianificazione strategica delle infrastrutture preventive mediante il Treatment Optimization Model e calcolo della BP post ottimizzazione degli interventi

La percentuale di superficie di intervento prevista dalla pianificazione vigente **pari al 1% della superficie infiammabile** è stata riallocata attraverso l'utilizzo della funzione Treatment Optimization Model (TOM) dell'applicativo FlamMap. Questo modello necessita di tre files di input:

- punti di innesco responsabili degli incendi potenziali di maggiori dimensioni (max ignition points);
- landscape file delle condizioni attuali in assenza di gestione (landscape PRE);
- landscape file delle condizioni ideali, riportante la superficie trattata massima in un'ipotesi di risorse illimitate per la realizzazione di interventi per la prevenzione incendi (landscape ideal).

Il primo passaggio è consistito nell'associazione di ciascun incendio potenziale simulato, contenuto nella *fire size list* estratta dalla simulazione pre-intervento (fsl PRE), al punto di innesco che lo ha generato. Dopodiché, sovrapponendo una griglia regolare esagonale all'area di studio, sono stati selezionati i punti di innesco (max ignition points) responsabili degli incendi potenziali di superficie >100 ha all'interno di ciascun esagono di 2000 ha.

Il secondo passaggio è consistito nell'individuazione delle aree potenziali in cui è possibile attuare degli interventi di prevenzione incendi (**Treatment Opportunities**) che vanno a **sommarsi** alle zone di trattamento previste dagli strumenti attuali di prevenzione (**Treatments BAU**). Le treatment opportunities sono state identificate attraverso l'utilizzo dei seguenti criteri:

- accessibilità, ovvero superfici raggiungibili, comprese in un buffer di 100 m dalla viabilità;
- pendenza inferiore al 30%, ovvero superfici in cui è possibile la meccanizzazione degli interventi;
- proprietà pubblica, ovvero superfici in media di maggiori dimensioni e attribuibili ad un unico proprietario.

Successivamente, è stato generato il **landscape ideale** modificando il **landscape PRE** ipotizzando la realizzazione di interventi per la prevenzione incendi sul 100% delle superfici individuate dalle Treatment Opportunities e dalle Treatments BAU.

Quindi, è stato fatto correre il TOM utilizzando gli inputs sopra descritti per ottenere la distribuzione più **efficiente ed efficace (i.e. ottimizzata)** della superficie da trattare con finalità di protezione civile (TOM BAU). È stato scelto di spazializzare gli interventi sull'**1% della superficie** totale infiammabile dell'area di studio, pari alla superficie trattata minima prevista dai piani territoriali vigenti nei due casi studio e rappresentativa della quantità di risorse disponibili per la prevenzione incendi.

Utilizzando i parametri di simulazione descritti nel paragrafo 3.1.1.1, è stata simulata: i) la probabilità di percorrenza (**BP BAU optimized**) ipotizzando l'avvenuta realizzazione degli interventi di prevenzione incendi come spazializzati dal TOM BAU; ii) estratta la fire size list (**fsl BAU optimized; .csv**).

3.1.6 Pianificazione strategica delle infrastrutture preventive a protezione della biodiversità mediante TOM e calcolo della BP post-intervento

Per la spazializzazione degli interventi con la finalità di **proteggere gli habitat target** di progetto, utilizzando i parametri di simulazione descritti nel **paragrafo 3.1.1.1**, sono state simulate le traiettorie preferenziali (*Major Paths*) a partire dagli max ignition points tramite la funzione di *Minimum Travel Time* (MTT) di FlamMap. Dopodiché, sono stati selezionati gli inneschi responsabili delle traiettorie che intersecano le Core Areas e le Isole di Biodiversità (**max ignition points BIO**). Quindi, è stato fatto correre il TOM utilizzando i max ignition points BIO e il landscape ideal (**paragrafo 3.1.3**) per ottenere la distribuzione più efficiente della superficie da trattare con finalità di protezione della biodiversità (**TOM BIO**). È stato scelto di spazializzare gli interventi sull'1% della superficie totale dell'area di studio, pari alla superficie trattata minima prevista dalle pianificazioni vigenti nei due casi studio.

Utilizzando i parametri di simulazione standard (**paragrafo 3.1.1.1**), è stata simulata: i) probabilità di percorrenza (**BP BIO**) ipotizzando l'avvenuta realizzazione degli interventi per la protezione della biodiversità come spazializzati dal TOM BIO; ii) estratta la fire size list (**fsl BIO; .csv**).

3.1.7 Pianificazione strategica delle infrastrutture preventive per il raggiungimento del trade-off delle superfici da trattare con TOM e calcolo della BP post-intervento

Per raggiungere il migliore ed efficiente compromesso nella spazializzazione della superficie da trattare per conseguire contemporaneamente una riduzione del pericolo per fini di protezione civile e per la conservazione della biodiversità, i.e. **scenario TRADE-OFF**, è stato utilizzato la funzione *Treatment Optimization Model* dell'applicativo FlamMap utilizzando come inputs:

- max ignition points, come punti d'innesco;
- landscape ideal generato modificando il landscape PRE ipotizzando la realizzazione di interventi per la prevenzione incendi sul 100% delle superfici di intervento individuate dal TOM BAU e dal TOM BIO.

È stato scelto di spazializzare gli interventi sull'1% della superficie totale dell'area di studio, pari alla superficie trattata minima prevista dalle pianificazioni vigenti nei due casi studio.

Utilizzando i parametri di simulazione descritti nel **paragrafo 3.1.1.1**, è stata simulata la probabilità di percorrenza (**BP TRADE-OFF**) ipotizzando l'avvenuta realizzazione degli interventi sia per la prevenzione incendi che per la protezione della biodiversità come spazializzati dal TOM ed estratta la Fire size list (**fsl TRADE-OFF; .csv**).

3.1.8 Valutazione della variazione della probabilità di percorrenza degli incendi e della distribuzione degli incendi potenziali

È stata compiuta la valutazione della probabilità di percorrenza calcolando il Burn Probability index (**BP index**) come rapporto fra la **probabilità di percorrenza media** in un dato scenario di pianificazione delle infrastrutture preventive (mean BP scenario) rispetto alla probabilità di percorrenza media nello scenario in assenza di gestione (mean BP PRE):

$$BP\ index = \frac{mean\ BP\ scenario}{mean\ BP\ PRE}$$

Il BP index è stato calcolato per ciascuno scenario di pianificazione delle infrastrutture preventive, ovvero per gli scenari:

- Business As Usual (BAU);
- Business As Usual ottimizzato (BAU optimized);
- Biodiversity (BIO);
- Trade-Off (TRADE-OFF).

Il BP index è stato calcolato:

- per le aree del landscape ricadenti in **classe di rischio d'incendio Very High (paragrafo 3.1.3)** in uno scenario di assenza di interventi di prevenzione incendi, ovvero il rischio individuato tramite la combinazione della carta dell'**impatto potenziale (paragrafo 3.1.2)** con la **carta della pericolosità in assenza di gestione (Hazard PRE; paragrafo 3.1.1)**;
- per **ciascun layer di esposizione dei servizi ecosistemici** (Biodiversità; Biomassa e carbon-stock; Protezione del suolo; Interfaccia urbano-rurale).

Infine, è stata valutata la **distribuzione in classi dimensionali** degli incendi potenziali generati nei diversi scenari di spazializzazione degli interventi e la loro frequenza relativa nelle diverse classi dimensionali.

Il confronto fra i valori degli indici descritti (BP index, fire size list) consente di **valutare gli scenari alternativi di pianificazione strategica delle infrastrutture preventive**. Questo confronto analitico rappresenta uno strumento a supporto delle decisioni sui possibili trade-off fra diversi obiettivi prioritari (biodiversità, protezione civile, funzionalità degli ecosistemi) da proteggere nelle strategie di mitigazione del rischio incendi in un territorio.

3.2 Analisi per il sito del Pratomagno

3.2.1 Collocazione e descrizione del sito

L'area di studio è collocata in Toscana, centro Italia (**Figura 10**), prevalentemente nella provincia di Arezzo (72%), ha un'estensione di 105566 ha e la sua superficie insiste su 27 Comuni (**Tabella 17**). Il Sito della Rete Natura 2000 "pascoli montani e cespuglieti del Pratomagno" (IT51180011) (denominato in seguito come "Pratomagno") si colloca interamente nella provincia di Arezzo, ha un'estensione di 23244 ha e insiste su 8 Comuni toscani (**Tabella 18**).

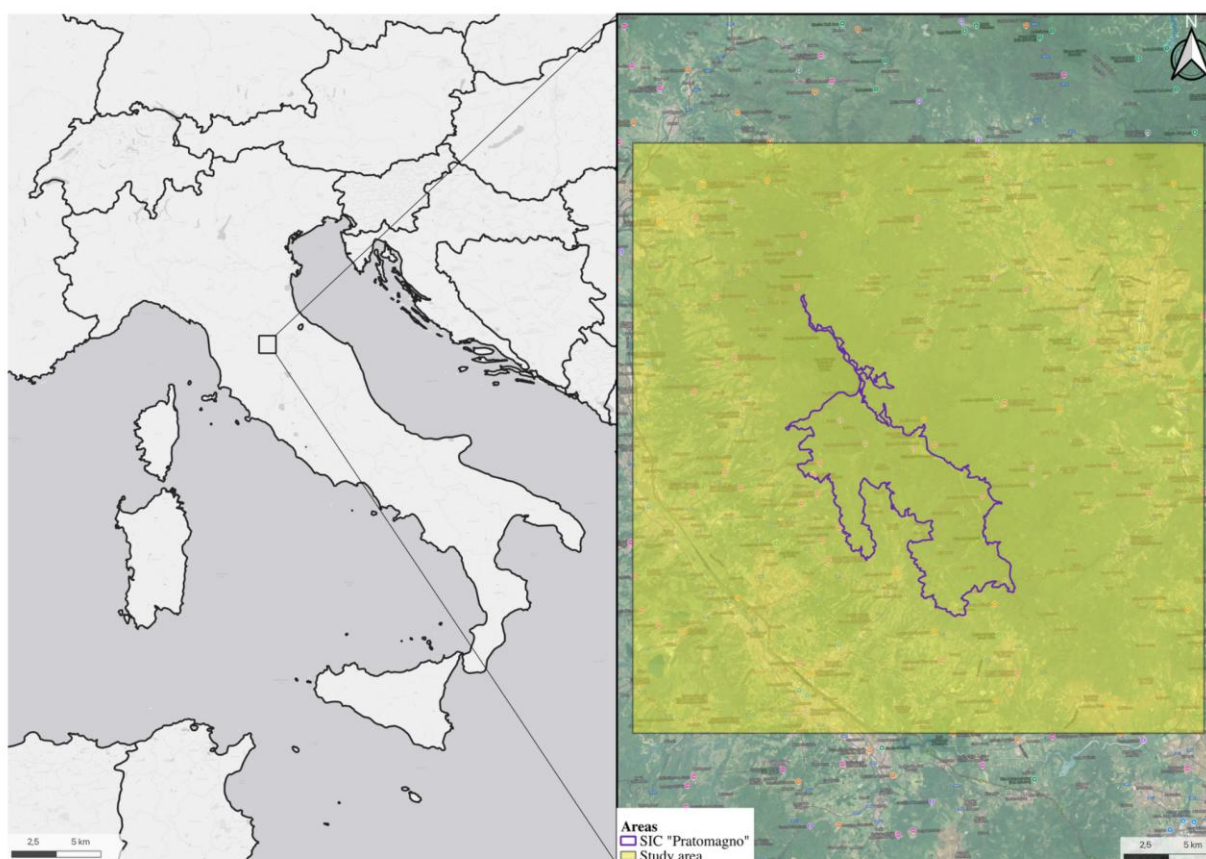


Figura 10 - Collocazione dell'area di studio

Tabella 17 - Superficie dei 27 Comuni toscani interessati dall'area di studio.

Comuni	Area (ha)	Comuni	Area (ha)	Comuni	Area (ha)
Reggello	12108	Castel Focognano	5594	San Giovanni Valdarno	2144
Loro Ciuffenna	8649	Pelago	5293	Rufina	2103
Terranuova Bracciolini	8423	Bibbiena	4984	Montevarchi	1426
Castel San Niccolò	8324	Ortignano Raggiolo	3629	Arezzo	846
Poppi	8036	Capolona	3394	Laterina Pergine Valdarno	831
Talla	5986	Cavriglia	3307	Chiusi della Verna	531
Pratovecchio Stia	5813	Figline e Incisa Valdarno	2638	Rignano sull'Arno	395
Castelfranco Piandiscò	5598	Montemignaio	2594	Pontassieve	246
Comuni	Area (ha)	Castiglion Fibocchi	2545	Londa	66

Tabella 18 - Superficie dei 8 Comuni toscani interessati dal Sito Rete Natura 2000 "Pratomagno".

Comuni	Area (ha)
Loro Ciuffenna	4283
Castelfranco Piandiscò	1763
Castel San Niccolò	358
Castel Focognano	161
Talla	130
Montemignaio	34
Reggello	15
Ortignano Raggiolo	8

L'area di studio è caratterizzata da una quota media di 543 m s.l.m., una pendenza media del 16%, e un'esposizione prevalentemente di 181° (**Figura 11**). Inoltre, in media è presente un'elevata e continua copertura arborea, in particolar modo nell'area del SIC del Pratomagno (**Figura 12**).

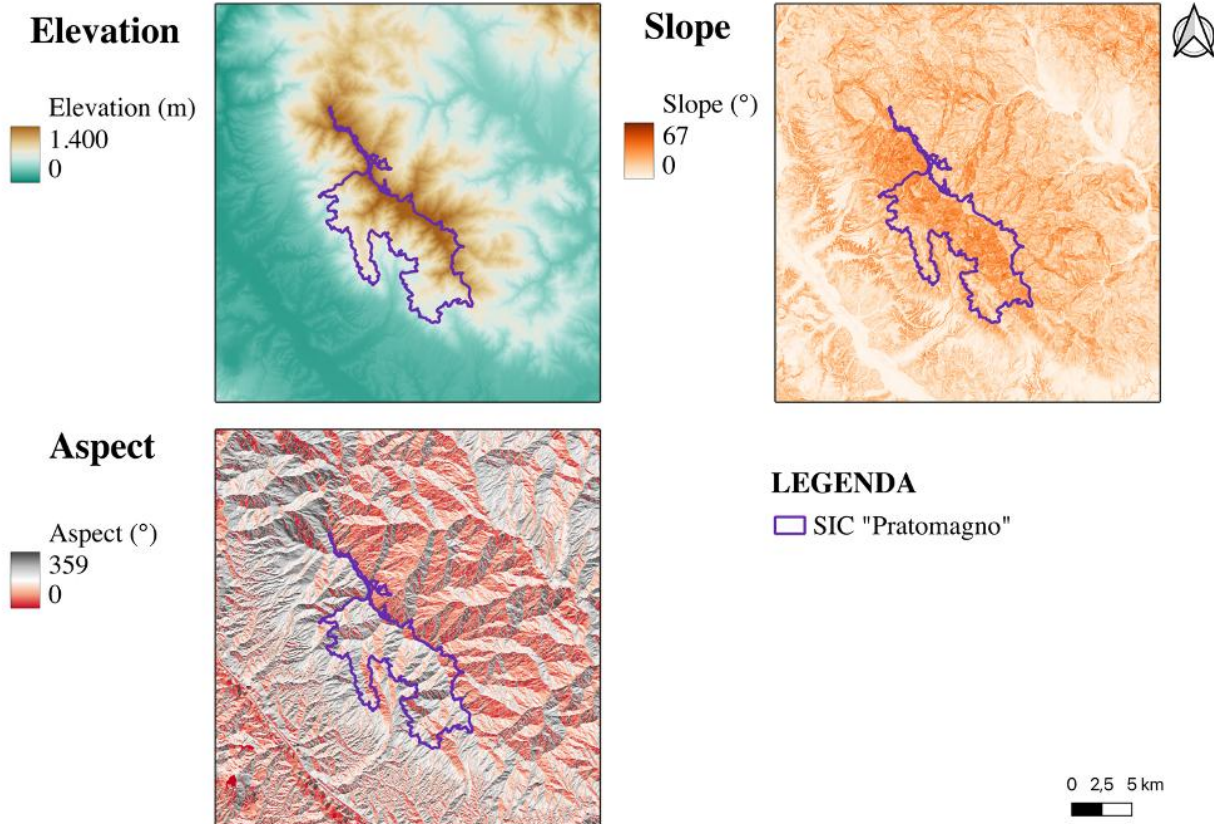


Figura 11 - Cartografie degli elementi morfologici dell'area di studio.

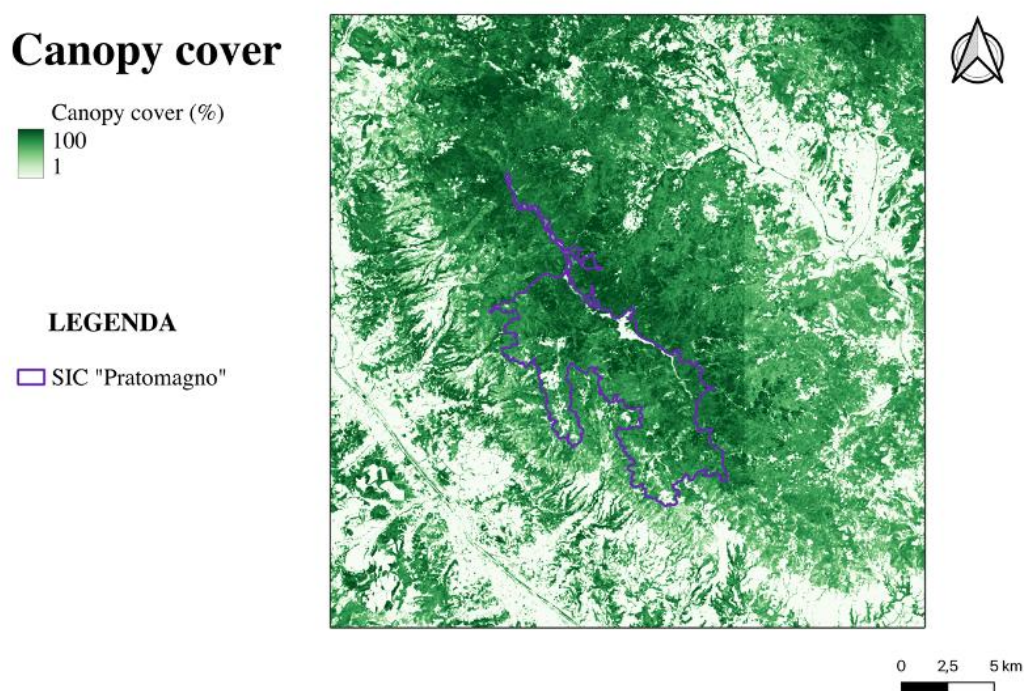


Figura 12 - Copertura arborea dell'area di studio.

3.2.2 Biodiversità (sensibilità/adattamento, numero/dimensione/descrizione degli habitat)

Nell'area di studio sono presenti 82 habitat, riportati nell'**Allegato A**. In particolare, nel sito del Pratomagno, è presente l'habitat mediterraneo della Rete Natura 2000 target di progetto "9260 – Castagneti"; all'interno di queste aree sono state individuate dalla Task 3.1 le Core Area (CA) e le Isole di Biodiversità (IB), obiettivi di conservazione della biodiversità (**Figura 13**).

L'habitat 9260 ricopre una superficie pari al 1% del SIC (226 ha), mentre gli obiettivi di conservazione della biodiversità (CA e IoS) ammontano allo 0.14% (32 ha) della superficie del SIC Pratomagno. L'habitat più diffuso all'interno dell'area di studio sono i boschi a prevalenza di querce caducifoglie, che ricopre una superficie di 19466 ha (18.5 % dell'area di studio) (**Figura 14**), mentre l'habitat di maggior estensione all'interno del SIC sono i boschi a prevalenza di castagno (26.4% del SIC), seguiti dai boschi a prevalenza di faggio (16% del SIC) e di querce caducifoglie (11.7% del SIC).

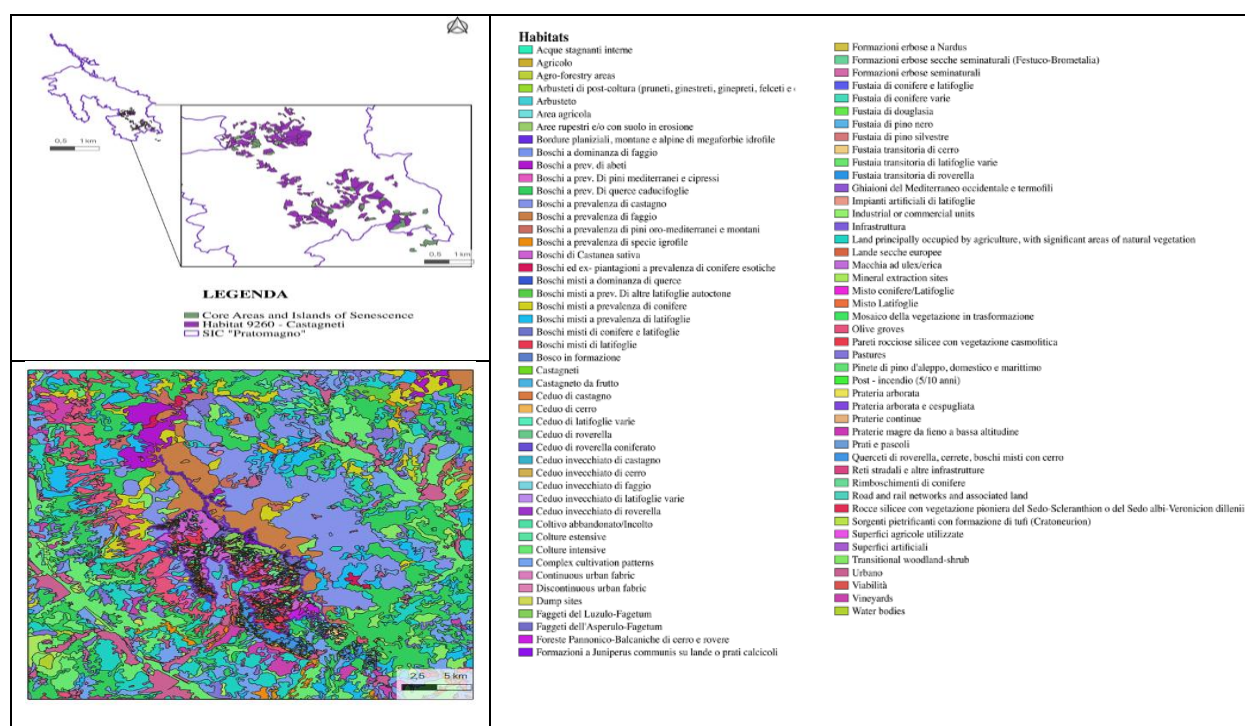


Figura 13 - Carta degli habitat dell'area di studio e rispettiva legenda (sinistra e in basso); habitat 9260 – Castagneti e Core Area e Isole di Biodiversità in SIC "Pratomagno" (destra).

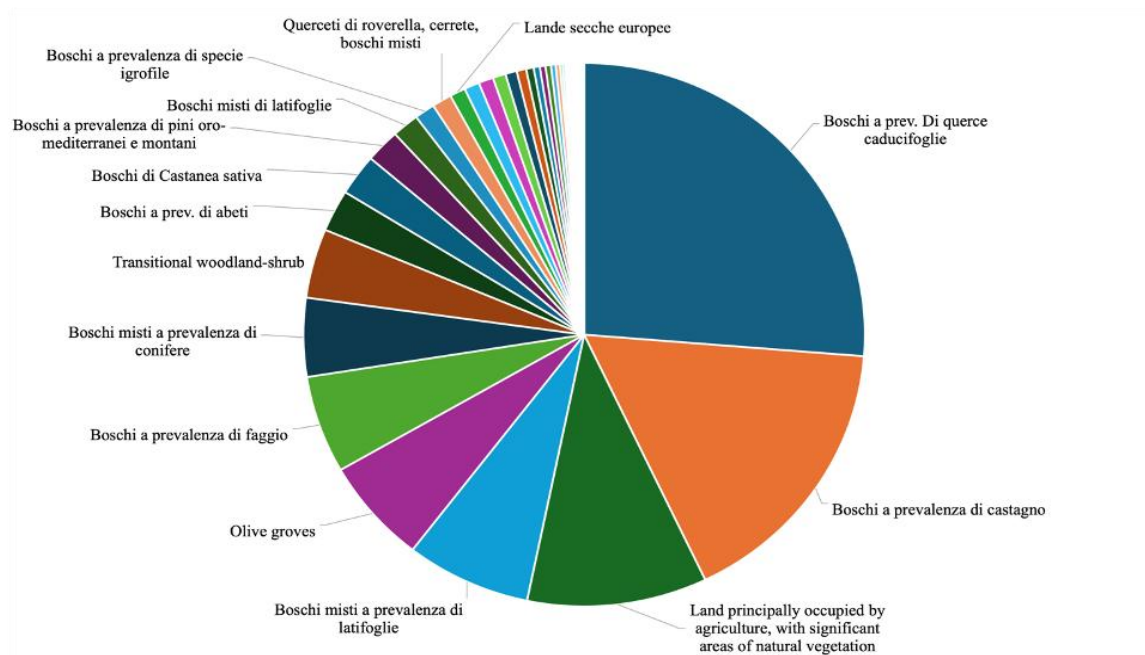


Figura 14 - Superfici degli habitat presenti nell'area di studio.

3.2.3 Carta dei modelli di combustibile

Per completare la tematizzazione dell'ambiente di simulazione del Device Support System FlamMap e arrivare a definire la carta dei modelli di combustibile sono stati indagati gli usi del suolo. Per mancanza di una carta vegetazionale unica ed esaustiva relativa all'intero territorio in analisi si è proceduto alla mosaicatura di numerosi strati informativi partendo dagli strati di maggior dettaglio e colmando le lacune mediante carte con dettaglio decrescente. Il punto di partenza è stata la carta di uso del suolo del Sito del Pratomagno, dopodiché è stato compiuto un merge tra questa carta e la carta di uso del suolo redatta in occasione della stesura del Piano Specifico di Prevenzione del Pratomagno; infine sono state riempite le lacune dell'area del landscape utilizzando la carta Corine Land Cover 2018 IV Livello³.

Per realizzare la carta è stato associato a ciascun uso del suolo un modello di combustibile dei 40 di Scott and Burgan (2005); in particolare, alle zone agricole è stato assegnato un modello di combustibile che considera la situazione più sfavorevole per la propagazione dell'incendio (modello 181) (**Figura 15**).

I modelli di combustibile con la maggiore presenza nell'area di studio sono il modello 184 e il modello 93. La superficie occupata da questi modelli rappresenta il 57.3 % della superficie dell'area di studio.

³ <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover/clc2018>

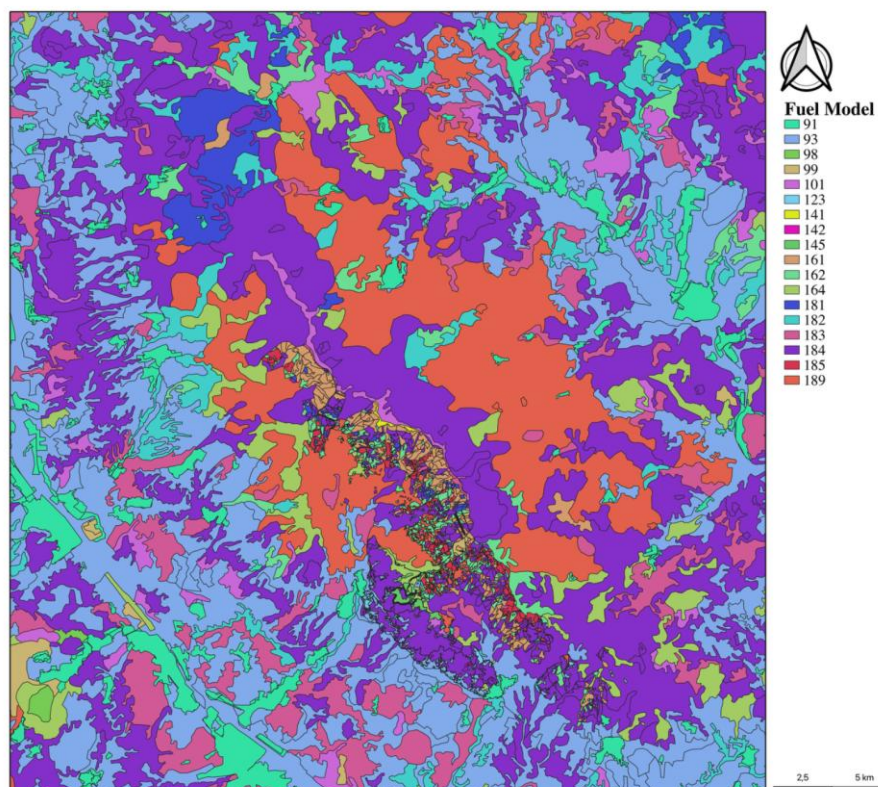


Figura 15 - Carta dei modelli di combustibile, input di FlamMap.

3.2.4 Tipologie di interventi

Attualmente, nel territorio preso in esame sono pianificati degli interventi selvicolturali con diversi obiettivi a seconda del progetto/piano che li ha previsti. Sono in fase di attuazione le prescrizioni e gli interventi previsti dal progetto Life Granatha⁴ e dal piano antincendio boschivo “Piano Specifico di Prevenzione AIB del Pratomagno” (PSP).

Il progetto Life Granatha ha come obiettivo il ripristino degli habitat di alcune specie protette individuate dalla Direttiva “Uccelli” (Direttiva 79/409/CEE). Il progetto ha previsto una superficie di intervento pari all’1.7% (117 ha) della superficie del SIC. Gli interventi previsti dal progetto Life sono: i) eliminazione totale dello strato arbustivo (mediante decespugliamento meccanico o l’utilizzo di fuoco prescritto); ii) taglio a buche dello strato arbustivo (mediante decespugliamento meccanico o l’utilizzo di fuoco prescritto); iii) taglio dello strato arbustivo e abbruciamento dei residui.

Gli interventi previsti dal piano antincendio sono stati pianificati con una finalità di protezione civile. Il PSP interessa il 6% del territorio preso in esame dal caso studio e gli interventi previsti ricoprono il 4.5% (65 ha) del territorio pianificato. Le infrastrutture previste dal PSP sono: i) viali tagliafuoco; ii) fasce parafulco di protezione dell’interfaccia urbano-rurale; iii) Punti Strategici di Gestione.

I viali tagliafuoco in regione Toscana sono delle infrastrutture con finalità di supporto alla lotta attiva per rendere sicure ed efficaci le operazioni di spegnimento. Queste infrastrutture lineari modificano l’infiammabilità del combustibile in modo da generare un cambiamento nel comportamento del fuoco e creare un’opportunità di spegnimento per gli operatori. I viali tagliafuoco sono caratterizzati da interventi

⁴ <https://www.lifegranatha.eu/>

di riduzione/eliminazione dello strato arbustivo entro un buffer di 12-15 m intorno alla viabilità, diradamento selettivo dello strato arboreo per una ulteriore fascia di 30 m, eliminazione delle piante morte/deperienti e degli accumuli di necromassa a terra. Eventuale cippatura dei residui.

Infrastrutture a protezione dell'interfaccia urbano-rurale comprendono l'interfaccia tra le zone costruite e la foresta, coltivi/arbusteti/vegetazione d'invasione. Queste aree di intervento hanno l'obiettivo di proteggere persone, attività e infrastrutture antropiche andando a modificare la struttura della vegetazione limitrofa in modo, quindi, da diminuire la probabilità di incendio e aumentare l'efficacia delle operazioni di spegnimento. Le fasce parafuoco comprendono gli interventi di eliminazione totale dello strato arbustivo in un buffer di 25 m dall'urbano, insieme all'eliminazione degli individui di pino marittimo, di piante morte o deperienti e degli accumuli di necromassa a terra. Eventuale cippatura dei residui.

Punti Strategici di Gestione sono interventi che interessano piccole superfici ma localizzati nei punti in cui il fronte di fiamma si divide e si moltiplica a causa della morfologia del territorio. Questi punti sono definiti "nodi di impluvio" o "nodi di cresta" a seconda dell'elemento morfologico che causa la moltiplicazione del fronte di fiamma. I Punti Strategici di Gestione hanno l'obiettivo di evitare la moltiplicazione delle traiettorie dell'incendio e, quindi, della possibilità di verificarsi di un grande incendio, e allo stesso tempo diminuire l'intensità del fronte fiamma, rendendo più sicure ed efficaci le attività di spegnimento. I Punti Strategici di Gestione comprendono gli interventi di: eliminazione del maggior parte dello strato arbustivo (rilascio massimo pari al 10-20%), diradamento selettivo dello strato arboreo (prelievo del 25-40%), eliminazione delle piante morte/deperienti e degli accumuli di necromassa a terra. Eventuale cippatura dei residui.

Quindi, complessivamente, gli interventi del business as usual comprendenti sia gli interventi del progetto Life Granatha che quelli del Piano Specifico di Prevenzione (rappresentati in **Figura 16**) interessano l'1 % della superficie totale dell'area di studio.

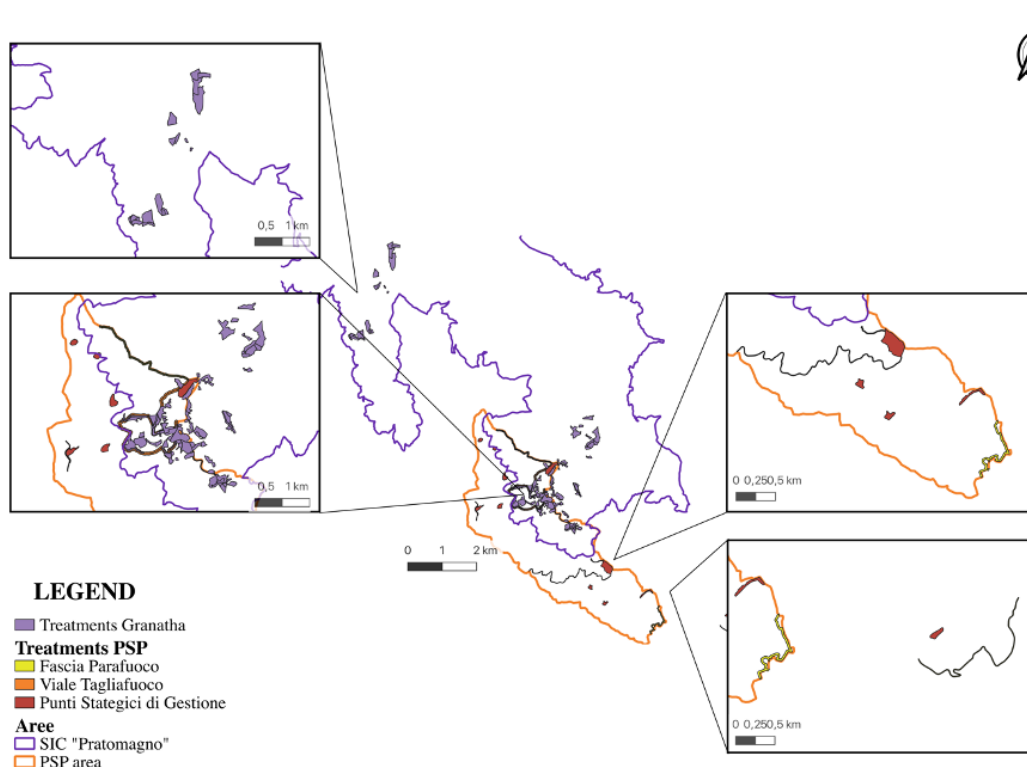


Figura 16 - Interventi previsti dal progetto Life Granatha e dal Piano Specifico di Prevenzione AIB.

3.2.5 Analisi degli incendi storici

Negli ultimi 16 anni (2007-2023) si sono verificati nell'area di studio 476 incendi, che hanno percorso una superficie pari a 690.5 ha (**Figura 17**).

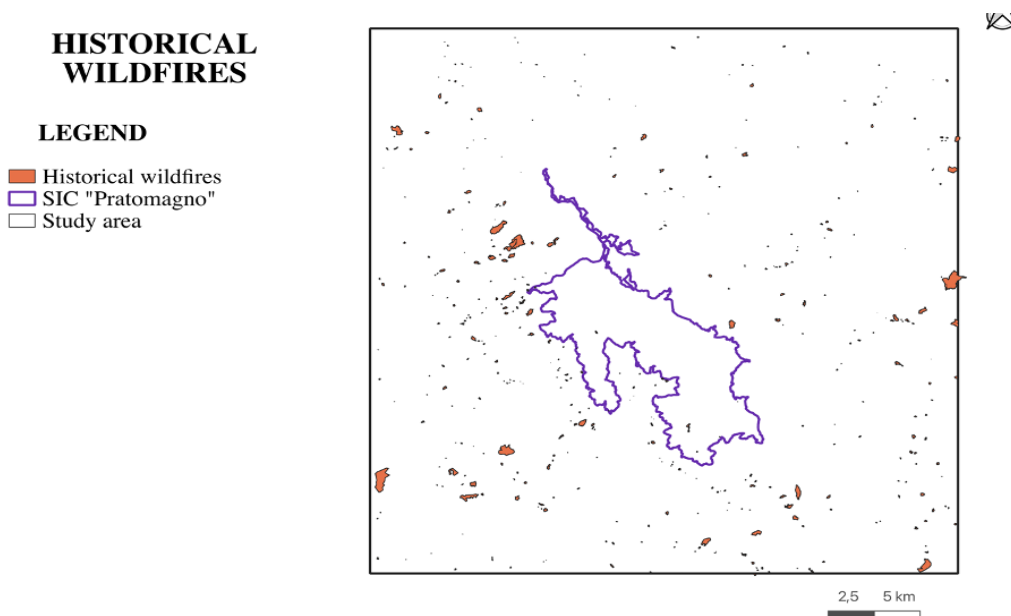


Figura 17 - Incendi storici verificatisi nell'area di studio nel periodo 2007-2023.

Il numero medio annuo di eventi verificatisi è 28, mentre la superficie media annua percorsa da incendi è 40.7 ha. La superficie bruciata in media da ciascun evento è pari a 1.2 ha. Nell'area di studio il numero di incendi di piccole dimensioni è risultato essere molto elevato (e.g. 2017, 2021) (**Figura 18**) e, periodicamente, si sono verificati degli anni predisponenti gli incendi dove la superficie percorsa annua è risultata particolarmente elevata: nel 2012 si è verificato l'incendio di maggiori dimensioni (62.5 ha) (**Figura 19**).

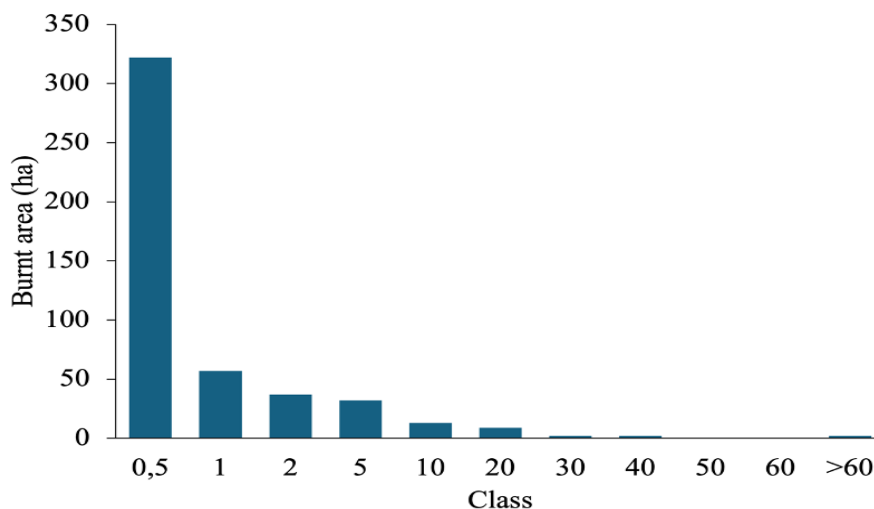


Figura 18 - Distribuzione in classi dimensionali della superficie percorsa dagli incendi nell'area di studio.

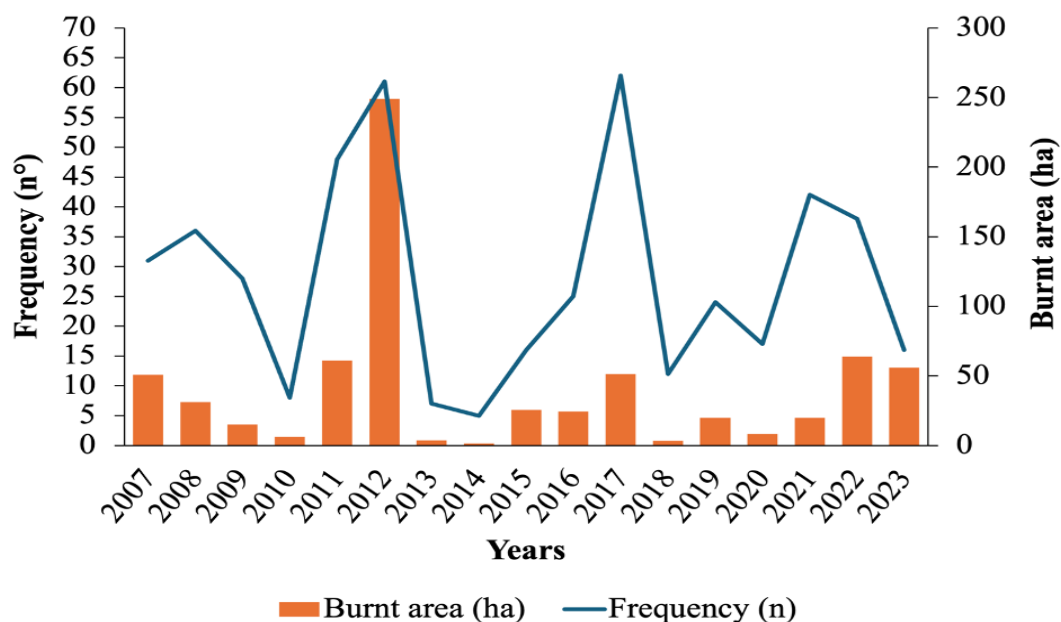


Figura 19 - Distribuzione di frequenza degli incendi e superficie totale annua bruciata nell'area di studio, periodo 2007-2023.

L'1.6 % (4.3 ha) degli incendi storici ha interessato l'area del sito RN2000. Gli incendi verificatisi sono stati di piccole dimensioni e concentrati nel periodo estivo (agosto) (**Tabella 19**). L'habitat target (9260) presente all'interno del SIC è stato interessato dagli incendi storici pari ad una superficie di circa 0.05 ha.

Tabella 19 - Incendi verificatisi all'interno del SIC "Pratomagno" nel periodo 2007-2023

Year	Burnt area (ha)	Date
2008	0.4	04/09/08
2011	2.6	23/08/11
2011	0.1	30/08/11
2012	0.1	27/03/12
2014	0.1	27/08/14
2017	<0.1	20/08/17
2019	0.8	18/02/19
2021	0.3	16/04/21

3.2.6 Burn Probability pre e post realizzazione degli interventi con obiettivo di protezione civile (BAU) e applicazione del TOM per la loro ricollocazione

Nella **Figura 20** viene mostrata la distribuzione degli interventi previsti dalla pianificazione vigente nel PSP del Pratomagno (**Figura 20A** – Treatments BAU – poligoni in giallo) e la distribuzione delle opportunità di trattamento dove poter collocare gli interventi di prevenzione incendi per i diversi obiettivi (**Figura 20B** – Treatment opportunities – poligoni in grigio). L'applicazione del modello TOM ha consentito di spazializzare gli interventi di prevenzione incendi con obiettivo di protezione civile (**Figura 20C** – TOM BAU optimized – poligoni in blu). In **Figura 20D** viene confrontata la distribuzione degli interventi previsti dalla pianificazione vigente (in giallo) e la loro spazializzazione ottimizzata (in blu).

In **Figura 21** si osserva come la spazializzazione ottimizzata degli interventi (TOM BAU optimized) intercetti le traiettorie preferenziali di propagazione che originano da una selezione dei punti di innesco estratti dai 5000 punti iniziali (utilizzando come unità di estrazione le celle esagonali) e che danno origine a grandi incendi (vedi **paragrafo 3.1.4**).

In **Figura 22** viene riportata l'analisi della probabilità di percorrenza degli incendi nello scenario in assenza di interventi preventivi (scenario PRE), in presenza degli interventi pianificati dal Piano Specifico di Prevenzione del Pratomagno (scenario BAU) e a seguito della spazializzazione ottimizzata delle infrastrutture preventive utilizzando il TOM (scenario BAU ottimizzato).

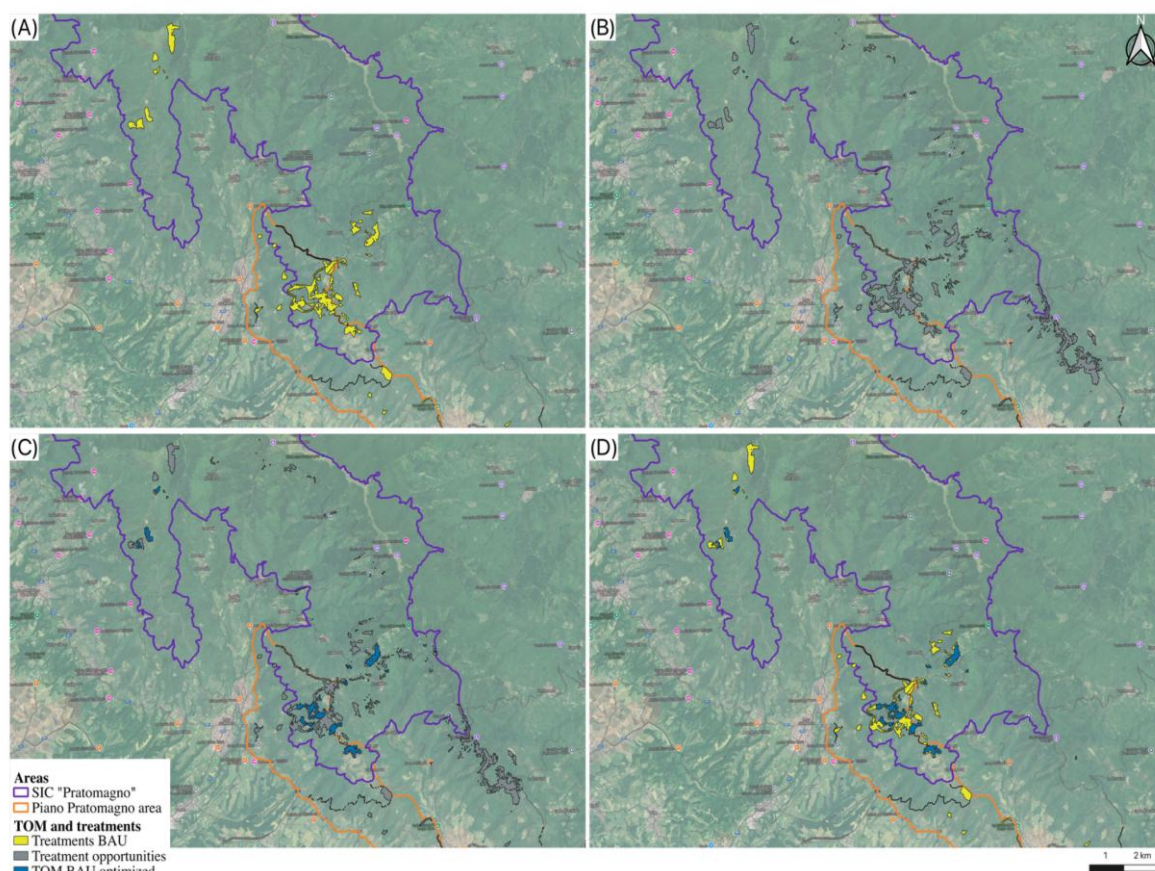


Figura 20 - Interventi previsti dalla pianificazione vigente (PSP Pratomagno); (B) Treatment opportunities dove poter collocare gli interventi di prevenzione incendi per i diversi obiettivi; (C) spazializzazione ottimizzata degli interventi di prevenzione incendi con obiettivo di protezione civile; (D) confronto fra gli interventi previsti dalla pianificazione vigente e la loro spazializzazione ottimizzata.

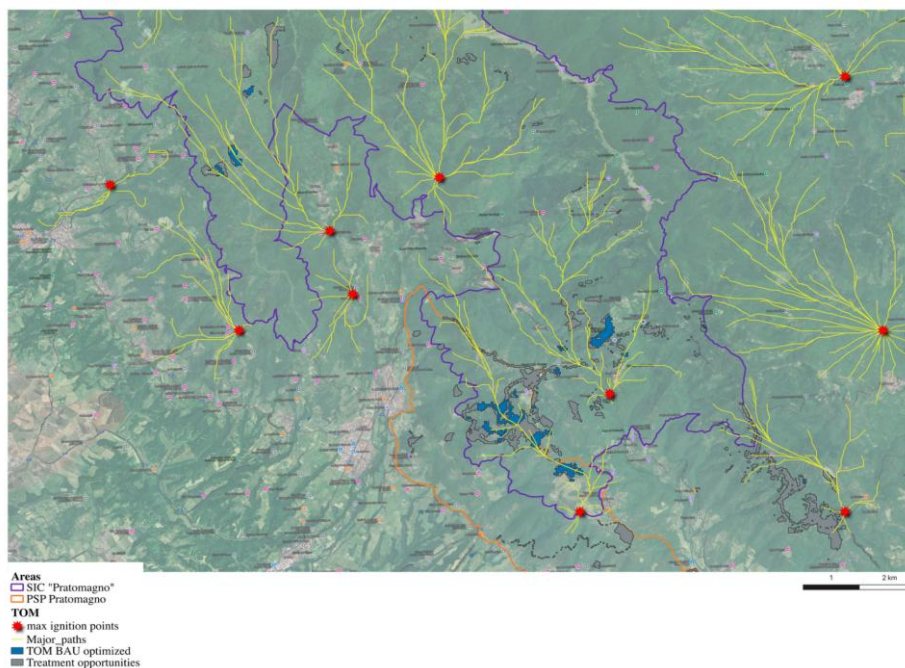


Figura 21 - Spazializzazione ottimizzata degli interventi di prevenzione incendi con obiettivo di protezione civile.

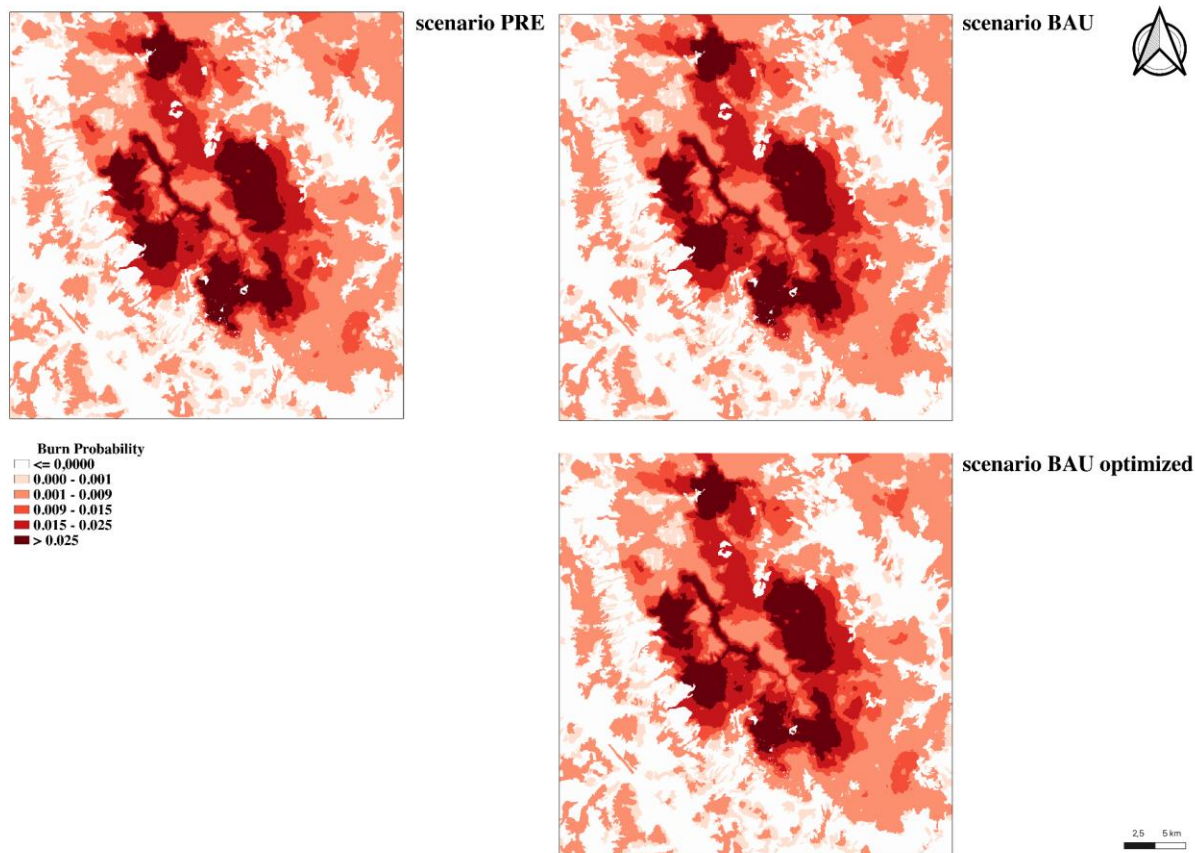


Figura 22 - Burn Probability nello scenario in assenza di interventi di prevenzione incendi (PRE), dopo l'attuazione degli interventi previsti (BAU) e dopo l'ottimizzazione spaziale degli interventi con obiettivo di protezione civile (BAU optimized).

3.2.7 Proposta di spazializzazione degli interventi per la protezione della biodiversità e calcolo della Burn Probability post-intervento

La **Figura 23** mostra la distribuzione delle opportunità di trattamento, dove poter collocare gli interventi di prevenzione incendi per i diversi obiettivi (Treatment opportunities – poligoni in grigio), e l'applicazione del modello TOM, che ha consentito di spazializzare gli interventi di prevenzione incendi con obiettivo di conservazione della biodiversità (TOM BIO – poligoni in verde). Si osserva come la spazializzazione ottimizzata degli interventi (TOM BIO) intercetti le traiettorie preferenziali di propagazione che originano dal punto di innesco (max ignition point BIO). Questo punto di innesco è stato selezionato fra i punti di innesco che originano i grandi incendi all'interno del landscape, e responsabile del grande incendio che andrebbe ad intercettare o ad influenzare le CA e le IB (vedi **paragrafo 3.1.6**)

In **Figura 24** viene riportata l'analisi della probabilità di percorrenza degli incendi nello scenario in assenza di interventi preventivi (scenario PRE) e a seguito della spazializzazione ottimizzata delle infrastrutture preventive con obiettivo di conservazione della biodiversità utilizzando il TOM (scenario BIO).

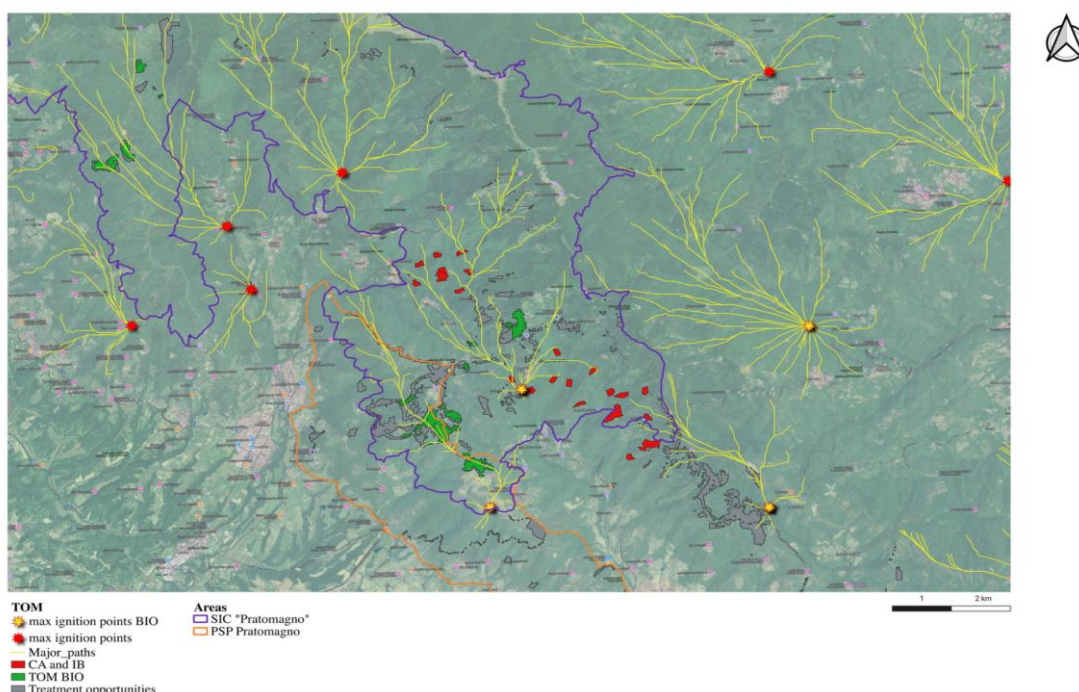


Figura 23 - Spazializzazione ottimizzata degli interventi di prevenzione incendi con obiettivo di conservazione della biodiversità.

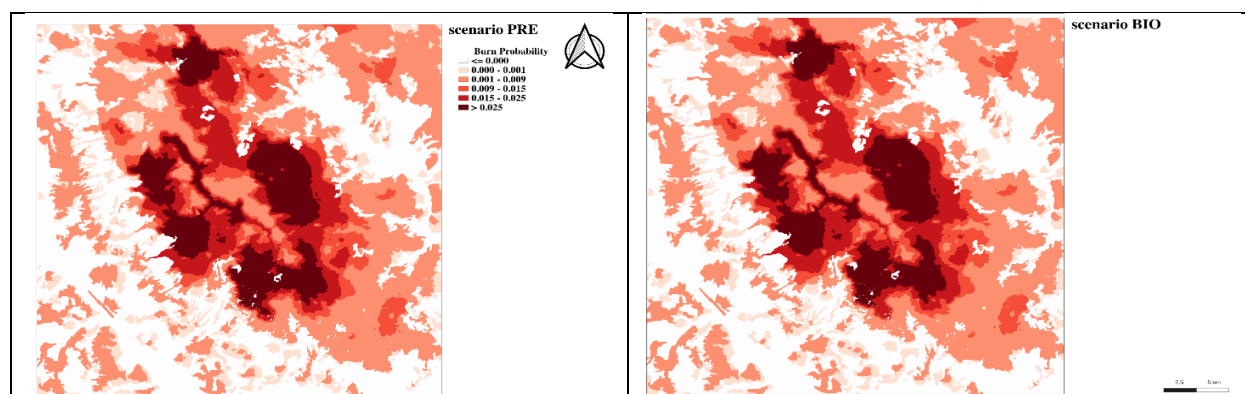


Figura 24 - Burn Probability nello scenario in assenza di interventi di prevenzione incendi (PRE) e dopo l'ottimizzazione spaziale degli interventi con obiettivo di conservazione della biodiversità (BIO).

3.2.8 Proposta di spazializzazione degli interventi per l'ottenimento del trade-off delle superfici da trattare per il conseguimento degli obiettivi di protezione civile e conservazione della biodiversità

Nella **Figura 25** viene mostrata la distribuzione delle opportunità di trattamento dove poter collocare gli interventi di prevenzione incendi per i diversi obiettivi (**Figura 25A** – Treatment opportunities – poligoni in grigio). L'applicazione del modello TOM ha consentito di spazializzare gli interventi di prevenzione incendi con obiettivo di protezione civile (**Figura 25B** – TOM BAU optimized – poligoni in blu) e con obiettivo di conservazione della biodiversità (**Figura 25C** – TOM BIO – poligoni in verde). In **Figura 25D** viene mostrato il trade-off nella distribuzione delle superfici degli interventi di prevenzione incendi per raggiungere entrambi gli obiettivi di protezione civile e conservazione della biodiversità (TOM TRADE-OFF – poligoni in rosa).

In **Figura 26** viene riportata l'analisi della probabilità di percorrenza degli incendi nello scenario in assenza di interventi preventivi (scenario PRE) e a seguito della spazializzazione ottimizzata delle infrastrutture preventive utilizzando il TOM per conseguire entrambi gli obiettivi (scenario TRADE-OFF).

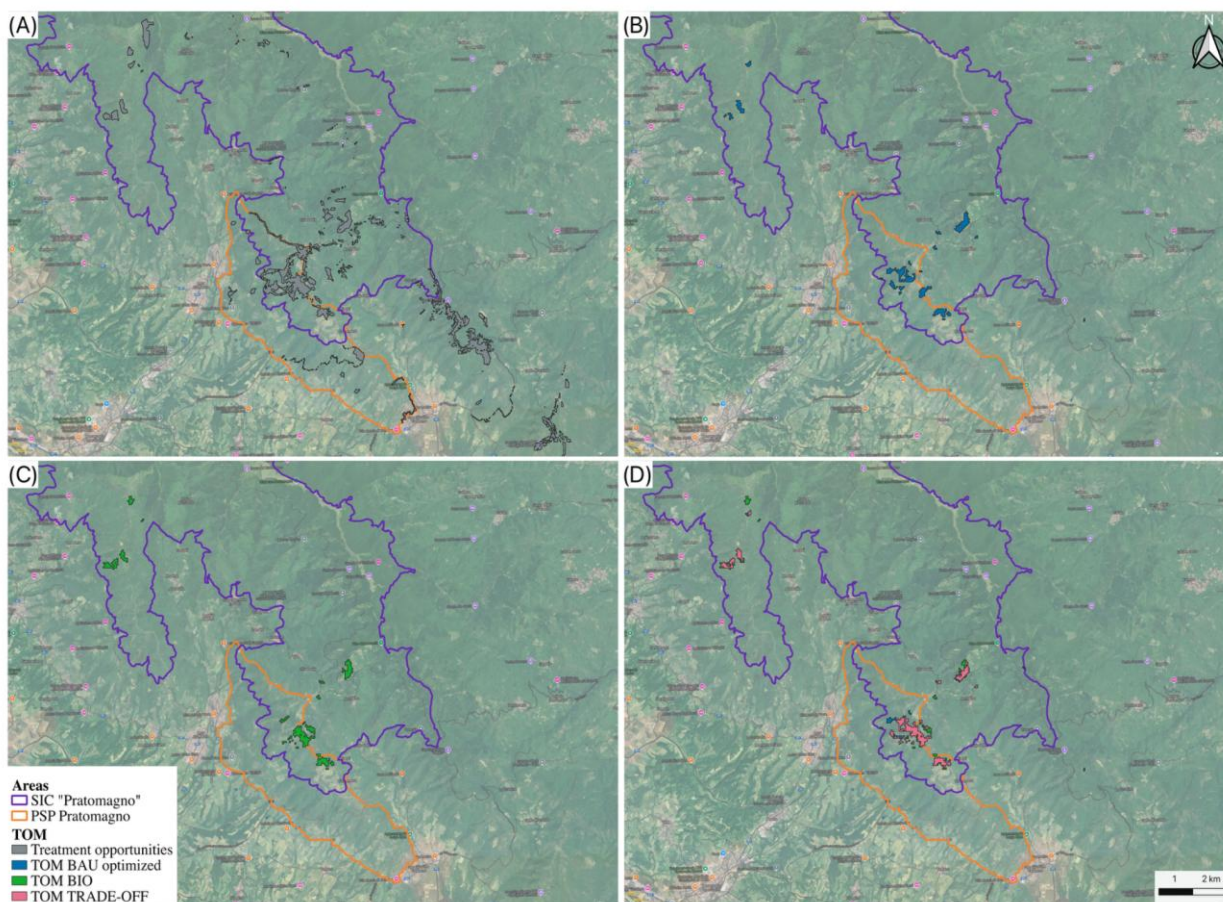


Figura 25 - (A) Treatment opportunities dove poter collocare gli interventi di prevenzione incendi per i diversi obiettivi; (B) spazializzazione ottimizzata degli interventi di prevenzione incendi con obiettivo di protezione civile; (C) spazializzazione ottimizzata degli interventi di prevenzione incendi con obiettivo di conservazione della biodiversità; (D) trade-off delle superfici di intervento per raggiungere entrambi gli obiettivi di protezione civile e di conservazione della biodiversità.

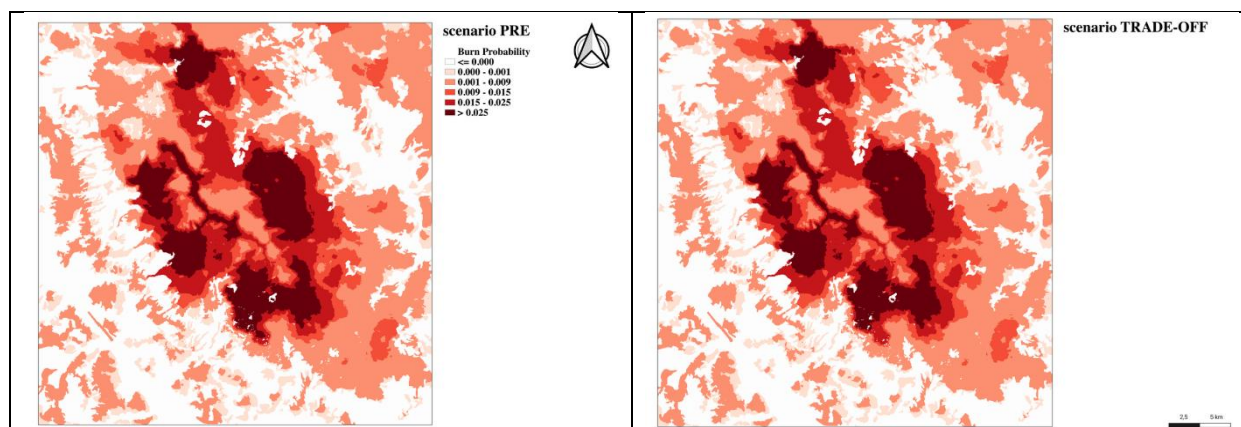


Figura 26 - Burn Probability nello scenario in assenza di interventi di prevenzione incendi (PRE) e la realizzazione degli interventi sulle superfici identificate dal Treatment Optimization Model come le superfici che consentono di raggiungere entrambi gli obiettivi di protezione civile di conservazione della biodiversità (TRADE-OFF).

3.2.9 Valutazione della variazione della probabilità di percorrenza degli incendi e della distribuzione degli incendi potenziali nei diversi scenari di spazializzazione degli interventi di prevenzione incendi

Nella **Figura 27** viene mostrata la carta del rischio d'incendio in assenza di interventi di prevenzione incendi (risk PRE). Questa carta è stata realizzata mediante una matrice di combinazione delle classi di pericolosità in assenza di infrastrutture preventive (Hazard PRE, **paragrafo 3.1.1**) e dell'impatto potenziale (Potential impact, **paragrafo 3.1.2**) (**Figura 28**).

In **Tabella 20**, per le aree del landscape ricadenti nella classe di rischio Very High, è stata calcolata la differenza (delta) tra la probabilità di percorrenza media nello scenario in assenza di interventi di prevenzione incendi (PRE) e negli scenari di ottimizzazione degli interventi di prevenzione incendi con obiettivo di protezione civile (BAU opt), di conservazione della biodiversità (BIO) e di trade-off delle superfici fra i due obiettivi (TRADE-OFF). Il rapporto fra il delta tra lo scenario PRE e lo scenario BAU ottimizzato (delta PRE-BAUopt) e il delta fra lo scenario PRE e lo scenario BIO (delta PRE-BIO) e lo scenario TRADE-OFF (delta PRE-TRADEOFF) mostra come la differenza fra lo scenario BAU ottimizzato e BIO nella riduzione di Burn Probability sia trascurabile (1.0 %), mentre la riduzione di probabilità di passaggio di un incendio sia maggiore del 17.0 % nello scenario TRADE-OFF rispetto allo scenario BAU ottimizzato. Questi risultati evidenziano l'efficacia attesa nella riduzione della probabilità di percorrenza della spazializzazione degli interventi con obiettivo di protezione civile, ma anche una maggior efficacia nella riduzione della probabilità di percorrenza attraverso il trade-off delle superfici dedicate alla realizzazione delle infrastrutture per la prevenzione incendi per conseguire entrambi gli obiettivi.

In **Tabella 21**, per ciascuna esposizione, è stata calcolata la differenza (delta) tra la probabilità di percorrenza media nello scenario in assenza di interventi di prevenzione incendi (PRE) e negli scenari di ottimizzazione degli interventi di prevenzione incendi con obiettivo di protezione civile (BAU opt), di conservazione della biodiversità (BIO) e di trade-off delle superfici fra i due obiettivi (TRADE-OFF). Il rapporto fra il delta tra lo scenario PRE e lo scenario BAU ottimizzato (delta PRE-BAUopt) e il delta fra lo scenario PRE e lo scenario BIO (delta PRE-BIO) e lo scenario TRADE-OFF (delta PRE-TRADEOFF) mostra come lo scenario BAU ottimizzato porti ad riduzione di Burn Probability maggiore rispetto allo scenario BIO per le esposizioni biodiversità (Biodiversity, riduzione del 6.8 %), habitat (Habitat, riduzione del 8.0 %) e protezione civile (Urban-wilderness Interface, riduzione del 5.6 %), mentre per le esposizioni di biomassa-stock di carbonio (Forest Ecosystem Services) e protezione del suolo (Soil erosion) si ha una maggior riduzione di Burn Probability nello scenario BIO rispettivamente pari al 2.4 e 2.8 %. La riduzione maggiore di probabilità del passaggio di un incendio è stata osservata nello scenario TRADE-OFF (riduzione media di BP maggiore del $14.8 \pm 8\%$ rispetto allo scenario BAU ottimizzato) per tutte le esposizioni.

Questi risultati sottolineano nuovamente l'efficacia attesa nella riduzione della probabilità di percorrenza della spazializzazione degli interventi con obiettivo di protezione civile per la maggior parte delle esposizioni, ma soprattutto una maggior efficacia nella riduzione della probabilità di percorrenza attraverso il trade-off delle superfici dedicate alla realizzazione delle infrastrutture per la prevenzione incendi per conseguire entrambi gli obiettivi (**Tabella 21**).

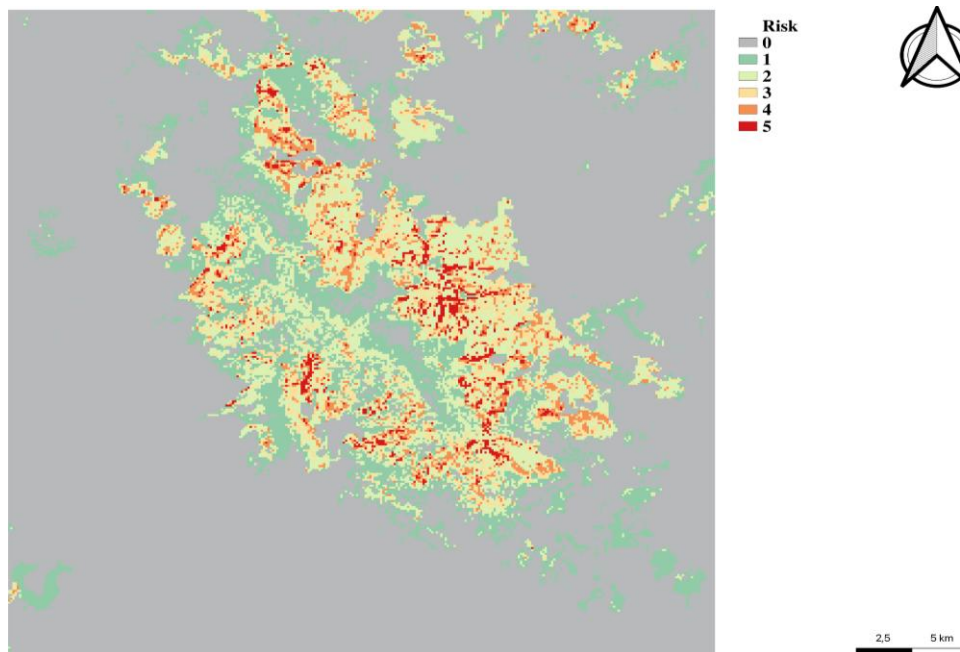


Figura 27 - Rischio d'incendio in assenza di interventi di prevenzione incendi (risk PRE) diviso in classi.

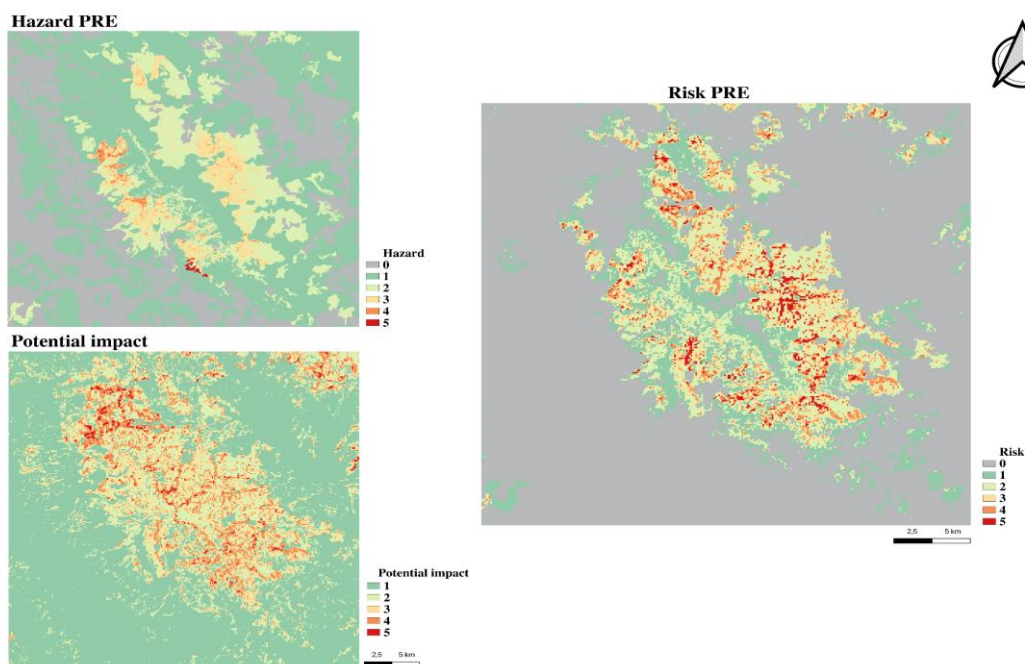


Figura 28 - Pericolosità in assenza di infrastrutture preventive (Hazard PRE), Impatto potenziale (Potential impact) e Rischio d'incendio in assenza di interventi di prevenzione incendi (risk PRE) divisi in classi.

Tabella 20 - Delta: differenza fra la Burn Probability media nello scenario in assenza di interventi di prevenzione incendi (PRE) e nello scenario BAU ottimizzato (BAUopt), BIO e TRADE-OFF per le aree del landscape in classe rischio d'incendio Very High; Rapporti dei delta: rapporto fra il delta di Burn Probability PRE-BAU optimized (BAUopt) e i delta di Burn Probability PRE-BIO e PRE-TRADE-OFF per le aree del landscape in classe rischio d'incendio Very High.

Delta		
PRE-BAUopt	PRE-BIO	PRE-TRADEOFF
0.000202	0.000199	0.000243
Rapporti dei delta		
deltaPRE-BAUopt/ deltaPRE-BIO	deltaPRE-BAUopt/ deltaPRE-TRADEOFF	
1.017768	0.831689	

Tabella 21 - Delta: Differenza fra la Burn Probability media nello scenario in assenza di interventi di prevenzione incendi (PRE) e nello scenario BAU optimized (BAUopt), BIO e TRADE-OFF per ciascuna esposizione; Rapporti dei delta: rapporto fra il delta di Burn Probability PRE-BIO e PRE-TRADE-OFF per ciascuna esposizione

	Delta			Rapporti dei delta	
	PRE-BAUopt	PRE-BIO	PRE-TRADE-OFF	deltaPREBAUopt/ deltaPREBIO	deltaPREBAUopt/ deltaPRETRADE-OFF
Biodiversity	0.000773	0.00083	0.000955	0.931543	0.809854
Habitat	6.23E-05	6.77E-05	7.8E-05	0.919988	0.79877
Forest Ecosystem Services	5.62E-05	5.48E-05	5.87E-05	1.024818	0.957055
Soil Erosion	9.91E-05	9.64E-05	0.000108	1.028325	0.917515
Urban-wilderness Interface	5.29E-05	5.61E-05	6.81E-05	0.943201	0.776663

Nella **Figura 29** viene mostrata la distribuzione degli incendi potenziali simulati nelle diverse classi di superficie percorsa per ciascuno scenario. Sono state riscontrate delle differenze soprattutto nelle classi dimensionali dalla 9 alla 12, ovvero per gli incendi di dimensioni dai 100 ai 1000 ha, dove si è verificata un aumento nella frequenza degli incendi potenziali nelle classi dalla 9 alla 11 rispettivamente: del 2.5 ± 2.6 % nello scenario BAU, del 0.6 ± 0.2 % nello scenario BAU ottimizzato (BAU opt), del 0.7 ± 0.5 % nello scenario BIO e del 0.8 ± 0.7 % nello scenario TRADE-OFF (**Tabella 22**). Nella classe dimensionale 12 (range: 500-1000 ha) è risultata esserci invece una diminuzione media della frequenza degli incendi potenziali pari a 1.6 ± 1.4 %. Questi risultati sottolineano come la maggior efficacia nella riduzione della dimensione degli incendi potenziali sia stata ottenuta con la spazializzazione ottimizzata degli interventi con obiettivo di protezione civile (scenario BAU ottimizzato), seguita dal trade-off delle superfici dedicate alla realizzazione delle infrastrutture per la prevenzione incendi per conseguire entrambi gli obiettivi (scenario TRADE-OFF) (**Figura 30**).

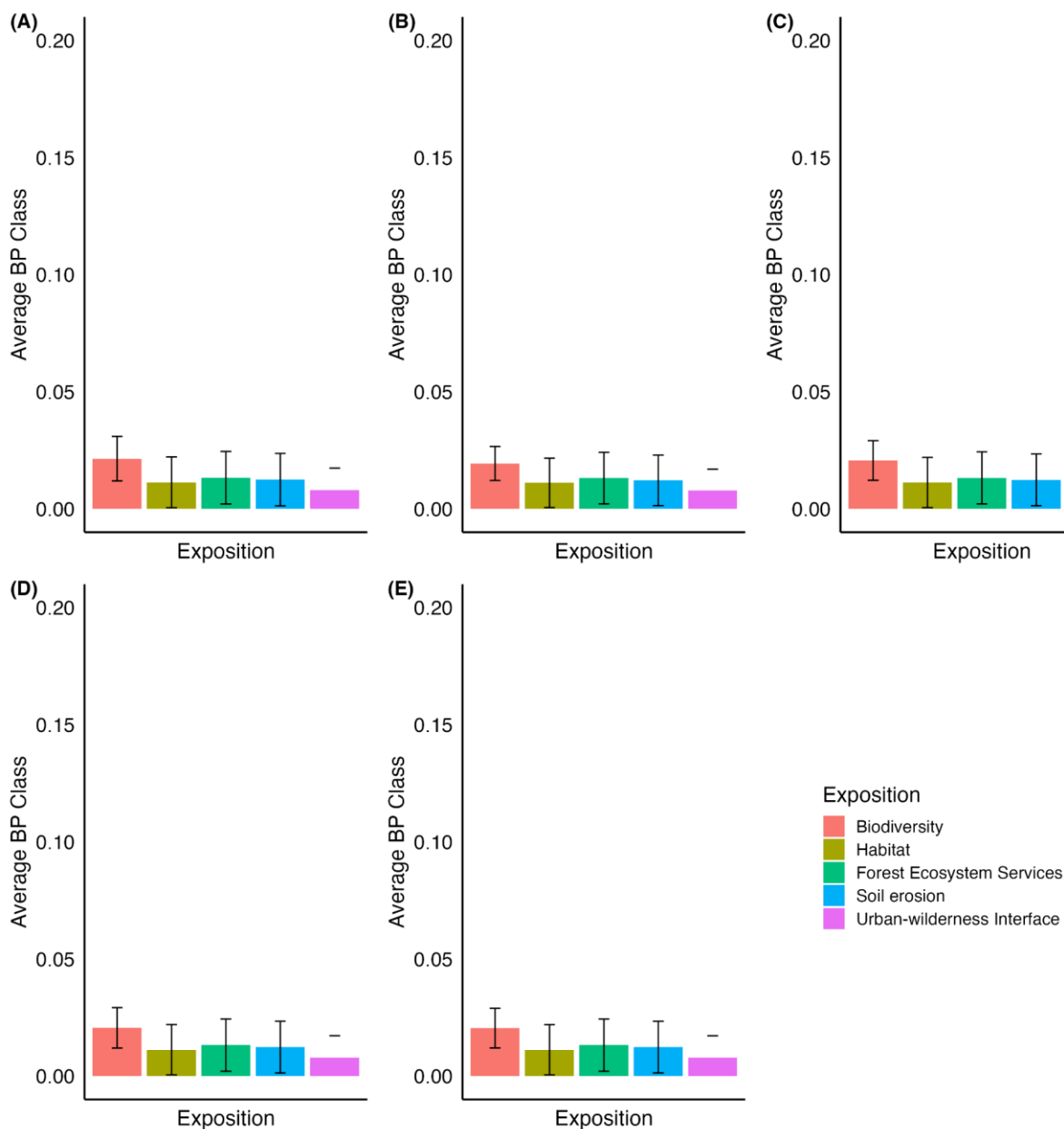


Figura 29 - Burn Probability media ($\pm$ SD) nelle esposizioni nei diversi scenari di spazializzazione degli interventi di prevenzione incendi: (A) PRE, (B) BAU, (C) BAU optimized, (D) BIO, (E) TRADE-OFF).

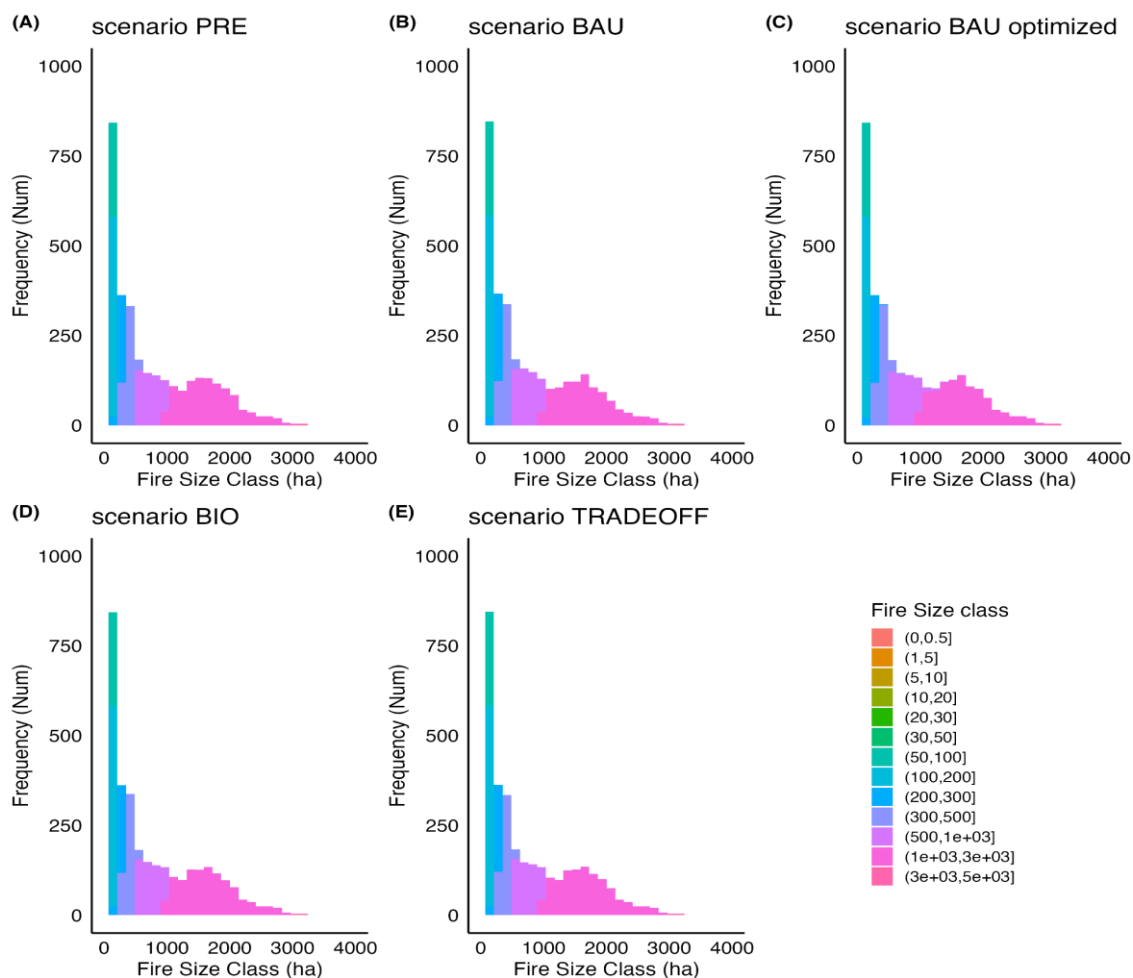


Figura 30 - Distribuzione in classi dimensionali degli incendi potenziali nei diversi scenari di spazializzazione degli interventi di prevenzione incendi: (A) PRE, (B) BAU, (C) BAU optimized, (D) BIO, (E) TRADE-OFF.

Tabella 22 - Rapporto fra le frequenze relative degli incendi potenziali nei diversi scenari di spazializzazione degli interventi di prevenzione incendi e le frequenze relative degli incendi potenziali nello scenario in assenza di interventi di prevenzione incendi (PRE) per ciascuna classe dimensionale

N Fire Size	Fire Size Class	Rapporti			
		BAU/PRE	BAUopt/PRE	BIO/PRE	TRADEOFF/
1	[0,0.5)	0.999201	1	1	1
2	[0.5,1)	1	1	1	1
3	[1,5)	1	1	1	1
4	[5,10)	1	1	1	1
5	[10,20)	1	1	1	1
6	[20,30)	1	1	1	1
7	[30,50)	1	1	1	1
8	[50,100)	1.005376	1	1	1
9	[100,200)	1.003759	1.003759	1.003759	1.003759
10	[200,300)	1.016667	1.00625	1.004167	1.004167
11	[300,500)	1.055028	1.00759	1.013283	1.017078
12	[500,1000)	0.963303	0.992661	0.990826	0.988991
13	[1000,3000)	1	1	1	1
14	[3000,5000)	0.999201	1	1	1

3.3 Prades

3.3.1 Collocazione e descrizione del sito

Il Sito della Rete Natura 2000 “Muntanyes de Prades” (ES5140008) (denominato in seguito come “Prades”) è collocato nel Sud Spagna, Regione della Catalogna, ha un’estensione di 11788 ha e insiste su 20 Comuni delle contee di Priorat, Baix i Alt Camp e Conca del Barberà, nella provincia di Tarragona (**Figura 31**). L’area di studio è collocata nella parte nord-est del Sito e ha un’estensione di 19324 ha.

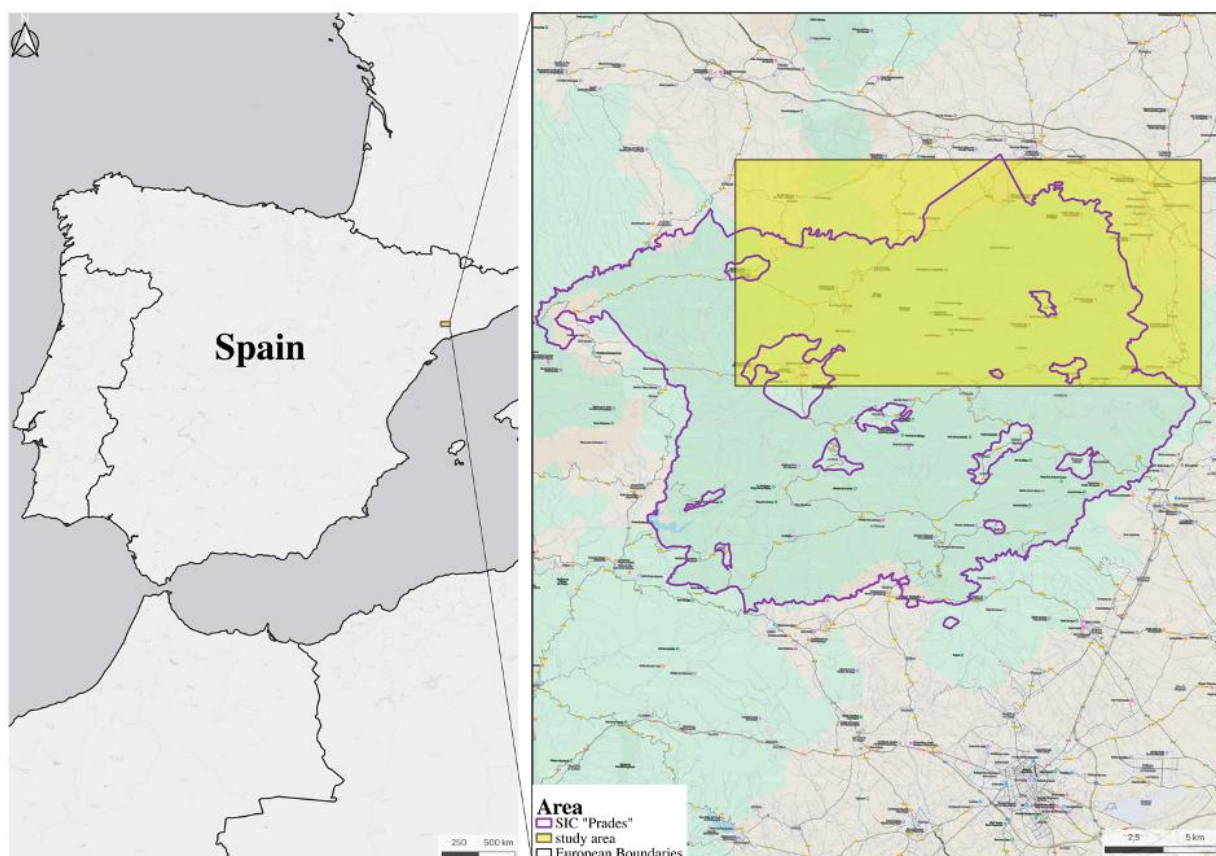
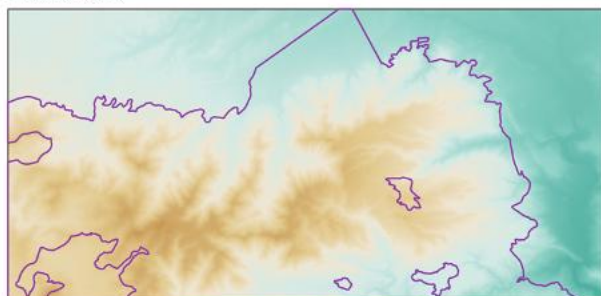


Figura 31 - Collocazione del Sito RN2000 “Prades” e dell’area di studio catalana.

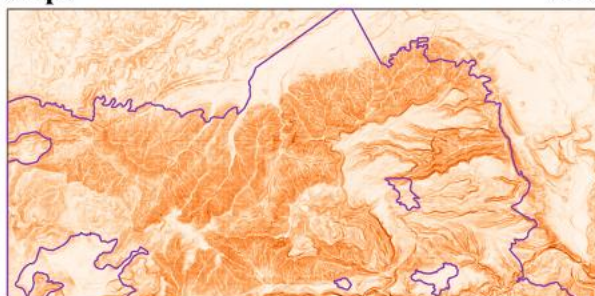
L’area di studio è caratterizzata da una quota media di 691 m s.l.m., una pendenza media del 29 %, e un’esposizione prevalentemente di 168° (**Figura 32**); inoltre, in media è presente un’elevata e continua copertura arborea, in particolar modo nell’area di studio presa in considerazione Prades (**Figura 33**).

Elevation



Elevation (m)
1.400
0

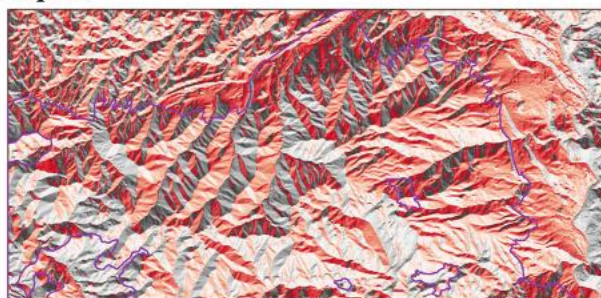
Slope



Slope (°)
67
0

LEGEND
SIC "Prades"

Aspect



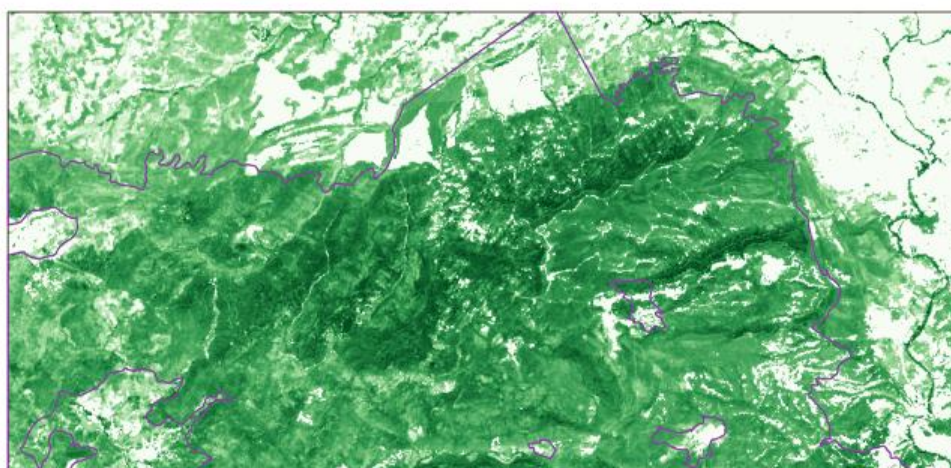
Aspect (°)
350
0

1 2 km

Figura 32 - Cartografie degli elementi morfologici dell'area di studio.

Canopy cover

Canopy cover (%)
100
1
LEGEND
SIC "Prades"



1 2 km

Figura 33 - Copertura arborea dell'area di studio.

3.3.2 Biodiversità (sensibilità/adattamento, numero/dimensione/descrizione degli habitat presenti)

Nell'area di studio sono presenti gli habitat riportati nell'**Allegato A**. In particolare, nel Sito di Prades, è presente l'habitat mediterraneo prioritario della Rete Natura 2000, target di progetto "Habitat 9350* – Pinete (sub)mediterranee di pini neri endemici (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*)"; all'interno di queste aree sono state individuate dalla Task 3.1 le Core Areas (CA) e le Isole di Biodiversità (IB), obiettivi di conservazione della biodiversità (**Figura 34**).

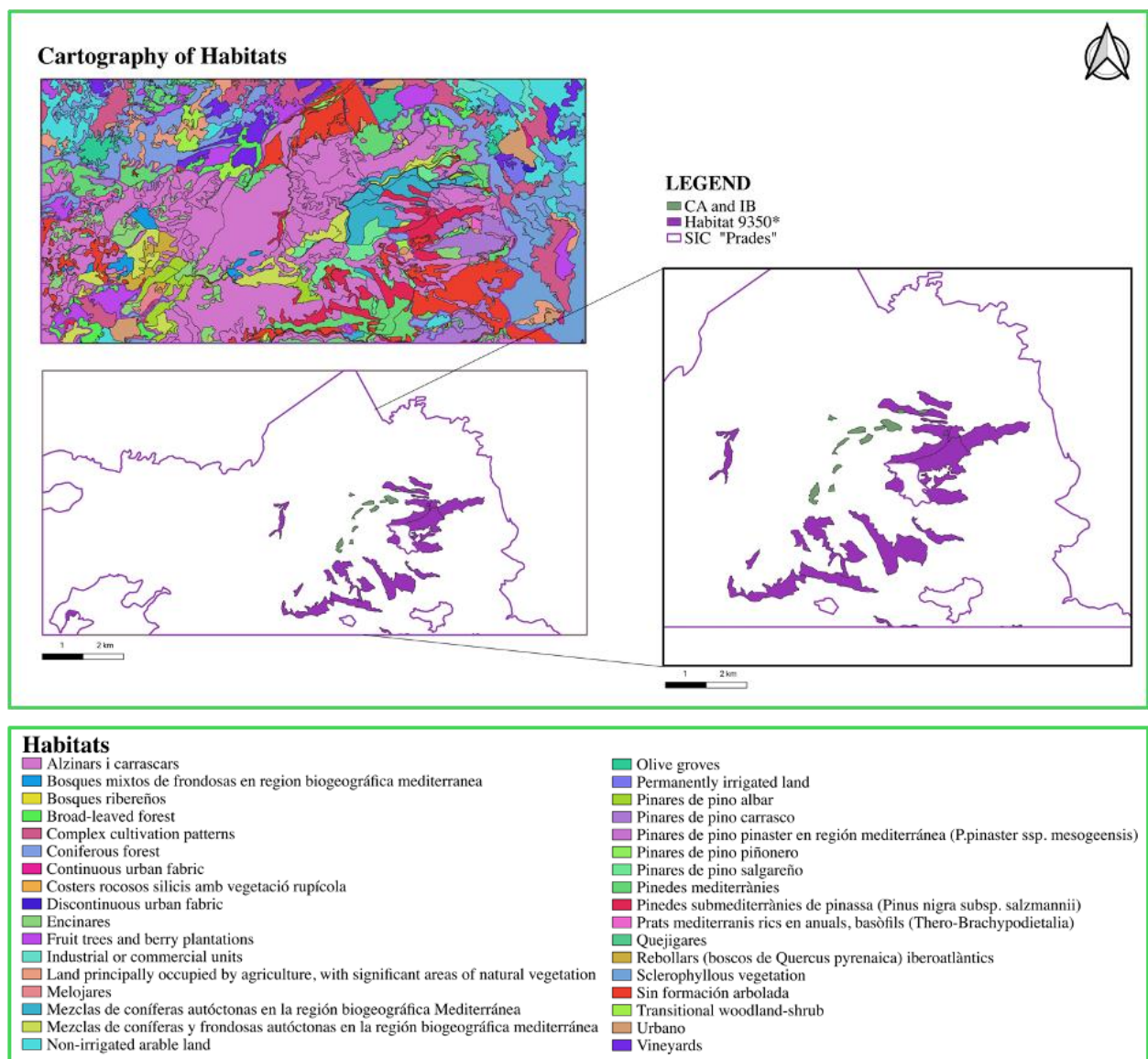


Figura 34 - Carta degli habitat dell'area di studio e relativa legenda (sinistra e in basso); habitat 9350* – Pinete (sub)mediterranee di pini neri endemici (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*) e Core Area e Isole di Biodiversità nell'area di studio (destra).

L'habitat habitat 9350* – Pinete (sub)mediterranee di pini neri endemici (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*) ricopre una superficie pari al 3% dell'area di studio (589 ha), mentre gli obiettivi di conservazione della biodiversità (CA e IoS) ammontano allo 0.2% (39 ha). L'habitat più diffuso all'interno dell'area di studio sono le foreste di *Quercus ilex* e *Quercus rotundifolia* (alzinars i carrascars), che ricopre una superficie di

5964 ha (30.8 % dell'area di studio) (**Figura 35**), seguiti dalle foreste di conifere (8% dell'area di studio). L'habitat di maggior estensione all'interno del SIC sono le foreste di *Quercus ilex* e *Quercus rotundifolia* (alzinars i carrascars) (50 % del SIC).

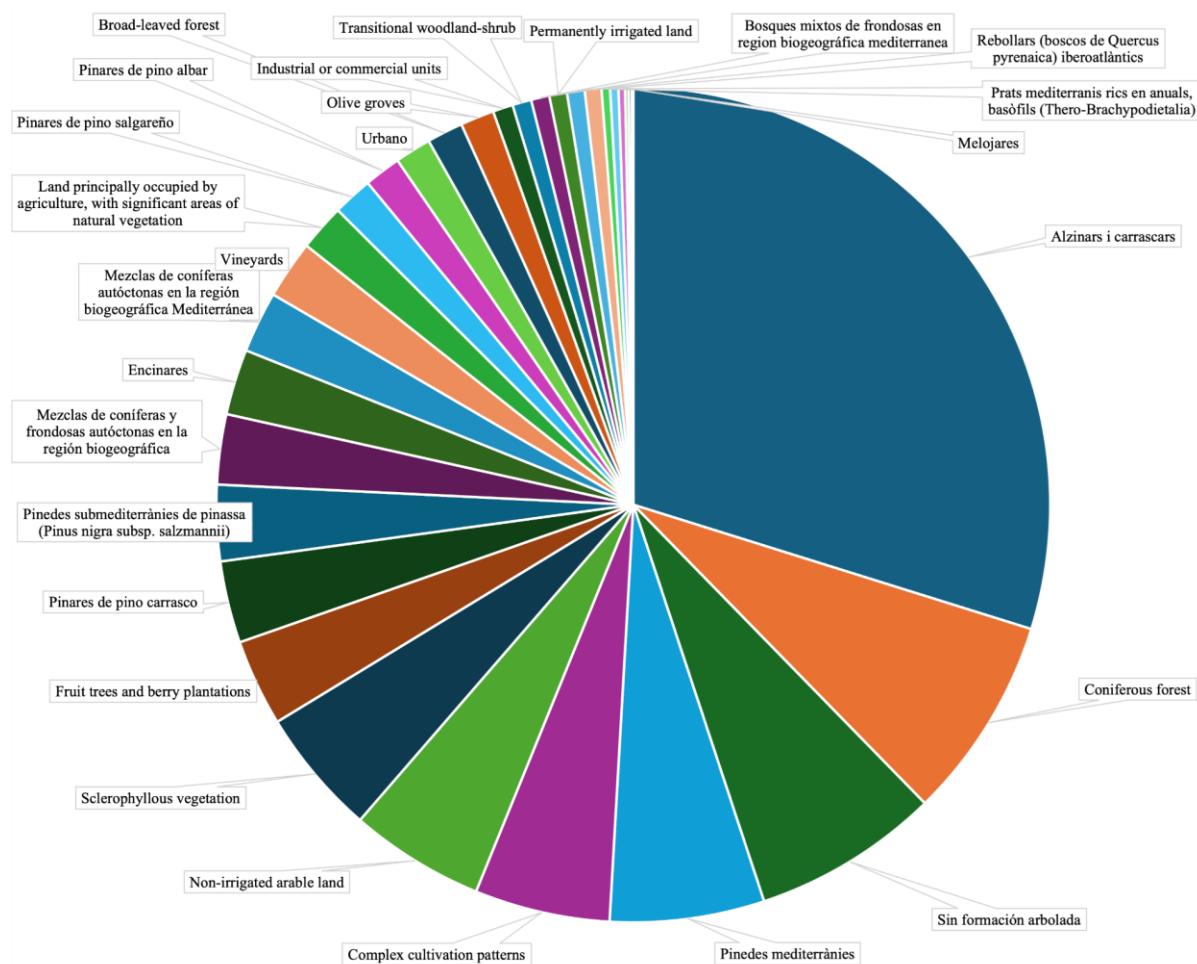


Figura 35 - Superfici degli habitat presenti nell'area di studio.

3.3.3 Carta dei modelli di combustibile

A partire dalla mappatura delle formazioni forestali e dai dati LiDAR del PNOA, il Forest Science and Technology Centre of Catalonia (CTFC) ha elaborato la carta dei modelli di combustibile del PPP T3 (**Figura 36**). Nell'area circostante il perimetro del PPP T3 è stato assegnato alle zone agricole un modello di combustibile che considera la situazione più sfavorevole per la propagazione dell'incendio (modello 181), mentre il modello 161 alle pinete mediterranee.

I modelli di combustibile con la maggiore presenza nell'area di studio sono il modello 147 e il modello 165. La superficie occupata da questi modelli rappresenta il 41% della superficie dell'area di studio.

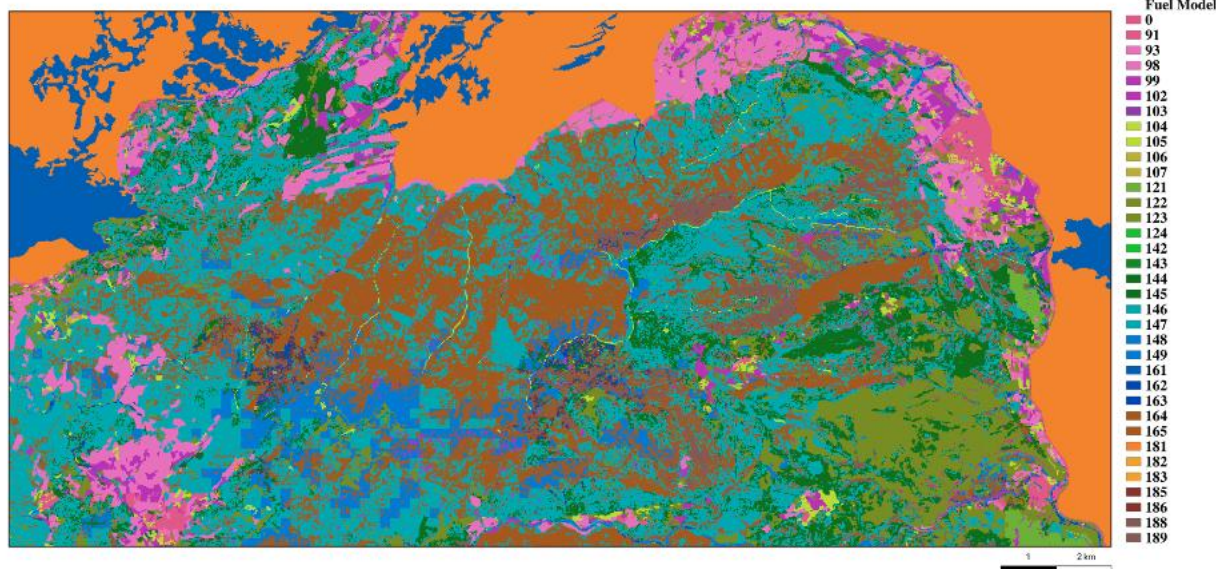


Figura 36 - Carta dei modelli di combustibile, input di FlamMap.

3.3.4 Tipologie di interventi

Attualmente, il territorio preso in esame è pianificato dal Piano territoriale “Projecte d’infraestructures estratègiques i bàsiques de prevenció d’incendis forestals” comprendente il Perímetre de Protecció Prioritària Massís de les Muntanyes de Prades-Bosc de Poblet (PPP T3) che si sovrappone per quasi totalmente alla superficie del SIC “Prades”.

Il Piano ha previsto l’individuazione delle aree per la prevenzione incendi con obiettivo di protezione civile sull’intero territorio del PPP de les Muntanyes de Prades-Bosc de Poblet. Sono state individuate due tipologie di aree:

Punto di gestione strategica (PEG) è un’area dedicata alla prevenzione incendi che ha come obiettivo l’efficacia e la sicurezza delle operazioni spegnimento. I PEG fanno parte degli assi di discontinuità e cercano di facilitare l’attacco su entrambi i fianchi e coda dell’incendio, in modo da limitare la propagazione a più poligoni potenziali. È un’area associata a una strategia ed a una tattica specifiche per un incendio di progetto e dunque dimensionata in base alle opportunità di spegnimento e ai punti critici. Possono includere una serie di strutture di supporto agli interventi di spegnimento come punti di rifornimento di carburante, punti acqua, viabilità. I PEG hanno le seguenti caratteristiche tecniche:

- presenza di un punto di localizzazione per veicoli con spazio di manovra;
- presenza di un’area di sicurezza adiacente
- presenza di un’area strategica con bassa vulnerabilità all’incendio di chioma
- presenza di un’area complementare con moderata vulnerabilità all’incendio di chioma
- presenza di punti acqua o idranti sulla PEG stessa o a meno di 20 minuti da essa
- accesso a punti di drenaggio su percorsi primari, secondari o terziari con crepacci inferiori a 300 m.

Le PEG presenti nell’area di studio sono 33 (di cui 23 nel SIC), e ricoprono un’area pari a 297 ha (di cui solo 10 ha fuori dal SIC) pari a 1.5 % dell’area di studio (**Figura 37A**).

- Zona di gestione degli incendi (ZFG) è un'area dedicata alla prevenzione incendi che ha come obiettivo la riduzione della vulnerabilità dei sistemi agricoli, forestali e lande al passaggio del fuoco e l'aumento della loro resistenza attraverso la gestione di tali aree. La ZFG è un'area associata agli assi di discontinuità che permettono di contenere l'incendio e di pari importanza e priorità delle PEG.

Le ZFG hanno le seguenti caratteristiche tecniche:

- presenza di aree con moderata vulnerabilità all'incendio di chioma
- presenza di viabilità di sicurezza
- presenza di ancoraggi che possono essere identificati da possibili vie di attacco parallele o indirette

Le ZFG presenti nell'area di studio sono 13 (tutte nel SIC), e ricoprono un'area pari a 485 ha (2.5 % dell'area di studio) (**Figura 37A**).

All'interno di PEG e ZFG, il Piano prevede la possibilità di realizzare le seguenti infrastrutture per la prevenzione incendi:

- area strategica: area d'intervento situata nelle PEG il cui obiettivo è cambiare il comportamento del fuoco, ovvero ridurre la velocità di propagazione, la lunghezza della fiamma o l'intensità lineare
- fascia ausiliaria strategica: area d'intervento situata nelle PEG e ZFG il cui obiettivo è facilitare l'attacco sul fianco e sulla coda dell'incendio attraverso il trattamento della vegetazione collegata ad una linea di difesa (strada, sentiero)
- area complementare: area d'intervento associata a PEG e ZFG il cui obiettivo è ridurre la vulnerabilità delle aree forestali agli incendi e/o migliorare l'efficacia delle aree strategiche
- area di sicurezza: area situata all'interno delle PEG consistente in punti di riparo per mezzi di spegnimento in caso di intrappolamento nell'incendio, punti acqua o idranti, allargamento di sentieri, zone pianeggianti, superfici aperte (colture, pascoli)

All'interno delle aree strategiche, fasce ausiliarie strategiche e aree complementari è prevista l'utilizzazione totale o parziale dello strato arbustivo, mentre la rimozione parziale dello strato arboreo.

All'interno delle aree di sicurezza è prevista la rimozione totale del carico di combustibile, con il rilascio dello strato erbaceo e parte dei residui colturali.

I dettagli degli interventi di prevenzione incendi all'interno delle aree individuate dal Piano sono poi stabiliti e realizzati dalle ditte forestali appaltanti. Gli interventi del business as usual sono stati quindi selezionati attraverso l'utilizzo del modulo Treatment Optimization Model (TOM) dell'applicativo FlamMap, utilizzando come inputs:

- Landscape file delle condizioni attuali, landscape PRE, rappresentante le condizioni attuali senza interventi di prevenzione incendi
- Landscape ideal, generato modificando il landscape PRE ipotizzando la realizzazione di interventi per la prevenzione incendi all'interno aree individuate dal Piano pari ad all'1% della superficie dell'area di studio, pari alla superficie trattata minima prevista dalle pianificazioni vigenti nei due casi studio e rappresentativa della quantità di risorse disponibili per la prevenzione incendi
- Punti di innesco: 5000 punti di innesco spazializzati sull'area di studio mediante i criteri sopra descritti (**paragrafo 3.1.1.1**)

È stato fatto correre il TOM utilizzando gli inputs sopra descritti per ottenere la distribuzione più efficiente della superficie da trattare con finalità di protezione civile (TOM BAU) come riportato in **Figura 37**.

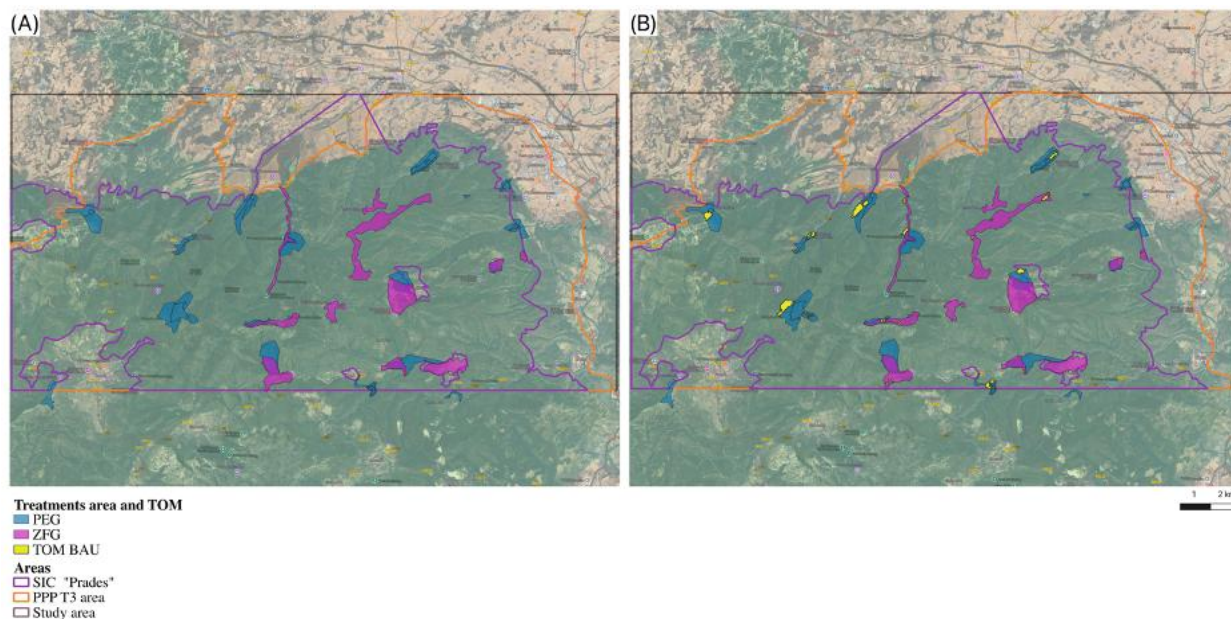


Figura 37 - (A) Zone di intervento individuate dalla pianificazione vigente (PPP T3): PEG e ZFG; (B) ottimizzazione della superficie da trattare all'interno delle zone identificate dalla pianificazione vigente per raggiungere l'obiettivo di protezione civile.

3.3.5 Analisi degli incendi storici

Nel periodo storico 1986-2012 si sono verificati nell'area 8 incendi, che hanno percorso una superficie totale pari a 2396 ha (**Figura 38**). Il numero di eventi verificatisi ciascun anno è inferiore ad 1 (0.3), mentre la superficie media annua percorsa è pari a 88.7 ha/anno. Nell'area di studio il numero di incendi di medie dimensioni (e.g. 50 ha) è risultato essere molto elevato (**Figura 39**) e, periodicamente, si sono verificati degli anni predisponenti gli incendi dove la superficie percorsa annua è risultata particolarmente elevata (>100 ha). Nel 1986 si è verificato l'incendio di maggiori dimensioni (1960 ha) (**Figura 40**).

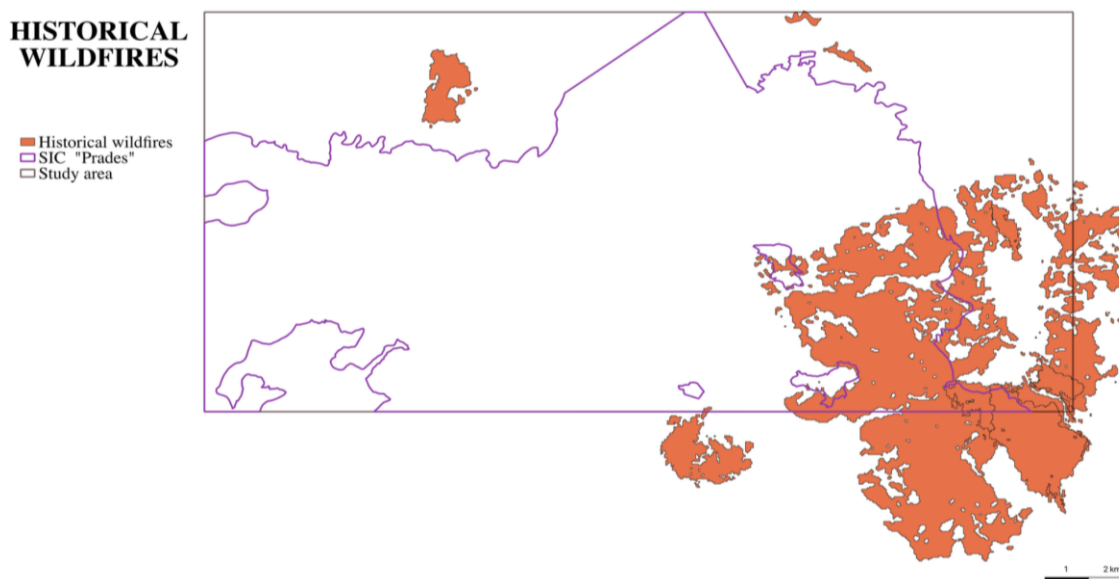


Figura 38 - Incendi storici verificatisi nell'area di studio nel periodo 2007-2023.

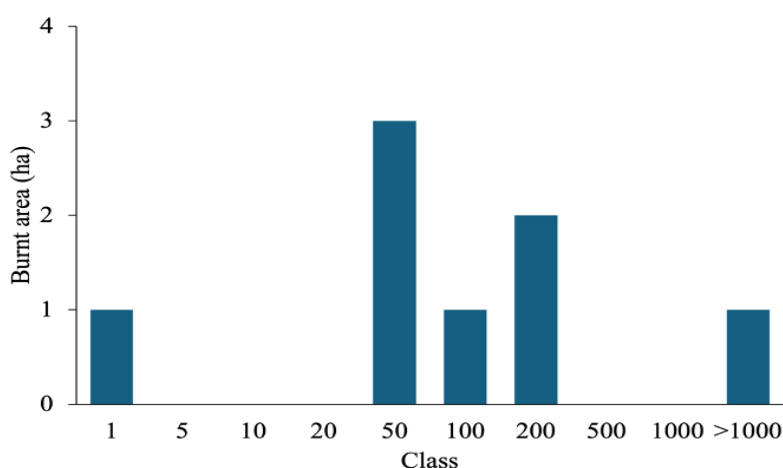


Figura 39 - Distribuzione in classi dimensionali della superficie percorsa dagli incendi nell'area di studio.

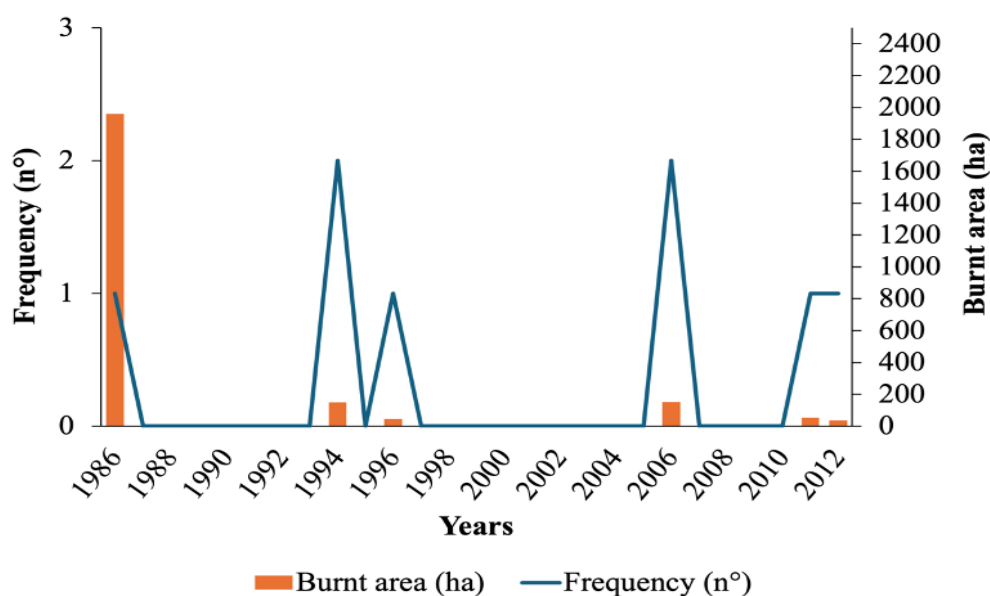


Figura 40 - Distribuzione di frequenza degli incendi e superficie annua bruciata nell'area di studio per il periodo 1986-2012.

L'18.3 % (2161 ha) della superficie storicamente percorsa da incendi ha interessato l'area del Sito RN2000 compresa nell'area di studio. Gli incendi verificatisi sono stati di medie-grandi dimensioni e concentrati prevalentemente nel periodo estivo (luglio) (**Tabella 23**). L'habitat target (9350*) presente all'interno del SIC è stato interessato dal grande incendio del 1986 pari ad una superficie di 29 ha.

Tabella 23 - Incendi verificatisi nel SIC "Prades", all'interno dell'area di studio, nel periodo 1986-2012

Year	Burnt area (ha)	Date
1986	1960	06/07/86
1994	148	17/07/94
1994	1	07/07/94
2011	52	19/07/11

3.3.6 Burn Probability pre e post realizzazione degli interventi con obiettivo di protezione civile (BAU) e applicazione del TOM per la loro ricollocazione

Nella Figura 41 viene mostrata la distribuzione delle aree per la prevenzione incendi individuate dalla pianificazione vigente nel PPP T3 di Muntanyes de Prades (**Figura 41A** – Treatments BAU – poligoni in viola) e la spazializzazione ottimizzata di questa superficie tramite l'utilizzo del TOM (**Figura 41B** – TOM BAU – poligoni in giallo). Nella **Figura 41C** viene mostrata la distribuzione delle opportunità di trattamento dove poter collocare gli interventi di prevenzione incendi per i diversi obiettivi (Treatment opportunities – poligoni in grigio) e l'output dell'applicazione del modello TOM, che ha consentito di spazializzare gli interventi di prevenzione incendi con obiettivo di protezione civile all'interno delle opportunità di trattamento (**Figura 41C** – TOM BAU optimized – poligoni in blu). In **Figura 41D** viene confrontata la spazializzazione ottimizzata degli interventi previsti dalla pianificazione vigente (in giallo) e la spazializzazione ottimizzata degli interventi all'interno delle opportunità di trattamento (in blu).

In **Figura 42** si osserva come la spazializzazione ottimizzata degli interventi (TOM BAU optimized) intercetti le traiettorie preferenziali di propagazione che originano da una selezione dei punti di innesco estratti dai 5000 punti iniziali (utilizzando come unità di estrazione le celle esagonali) e che danno origine a grandi incendi (vedi **paragrafo 3.1.5**).

In **Figura 43** viene riportata l'analisi della probabilità di percorrenza degli incendi nello scenario in assenza di interventi preventivi (scenario PRE), in presenza degli interventi pianificati dal PPP T3 di Muntanyes de Prades (scenario BAU) e a seguito della spazializzazione ottimizzata delle infrastrutture preventive utilizzando il TOM (scenario BAU ottimizzato).

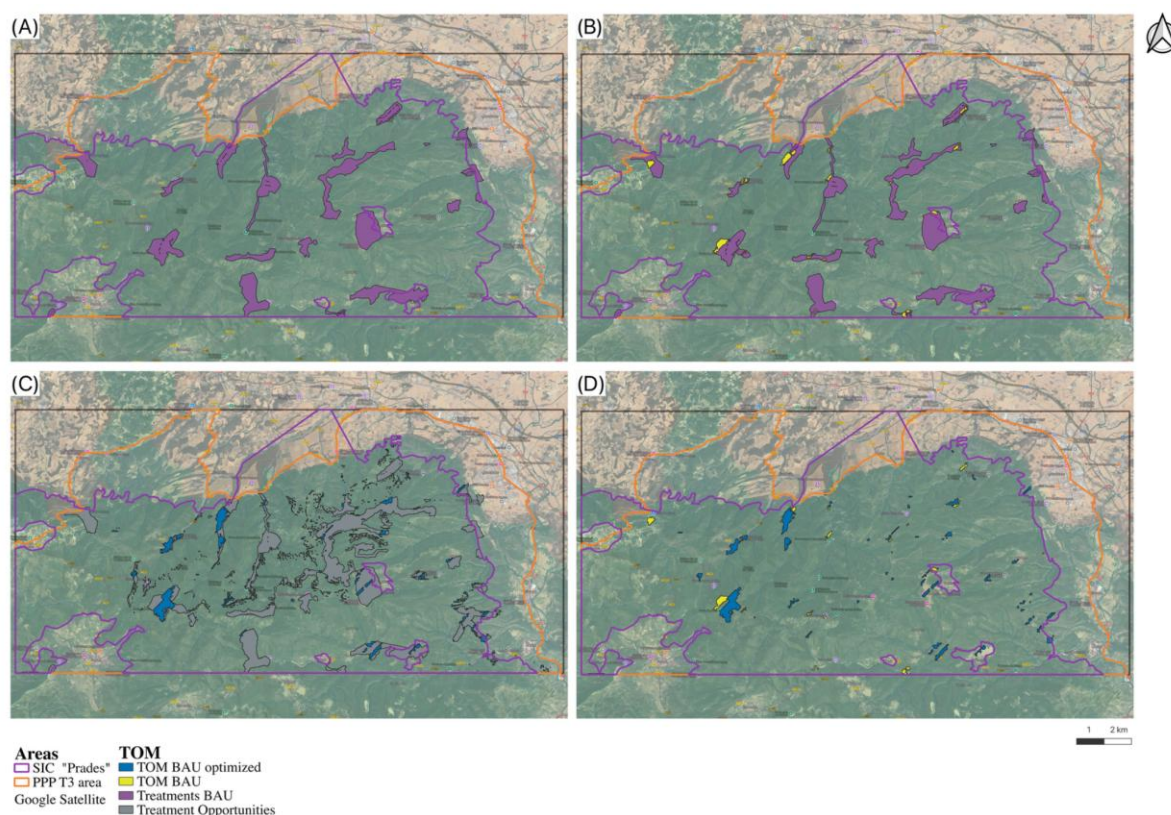


Figura 41 - (A) Zone di intervento individuate dalla pianificazione vigente (PPP T3); (B) ottimizzazione della superficie da trattare all'interno delle zone identificate dalla pianificazione vigente per raggiungere l'obiettivo di protezione civile; (C) spazializzazione ottimizzata degli interventi di prevenzione incendi con obiettivo di protezione civile all'interno delle Treatment opportunities; (D) confronto fra la spazializzazione degli interventi all'interno delle zone identificate dalla pianificazione vigente e all'interno delle Treatment opportunities.

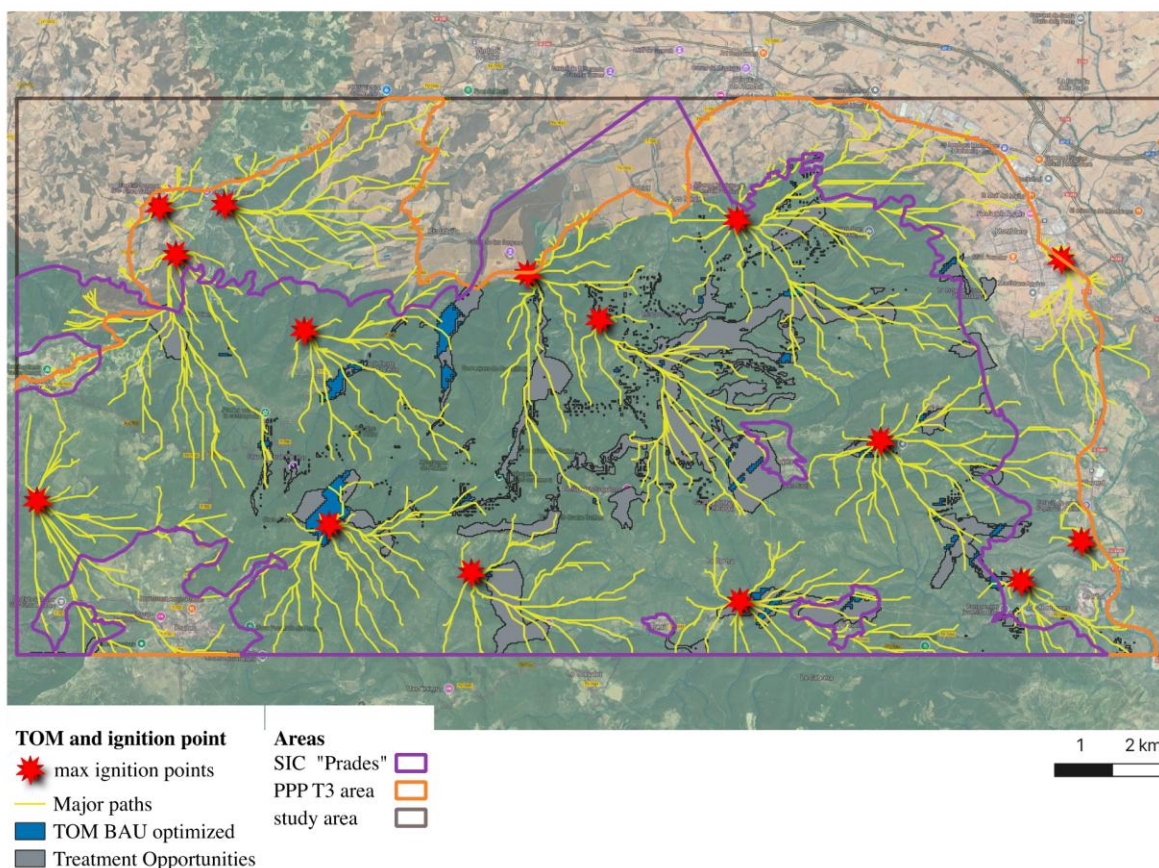


Figura 42 - Spazializzazione ottimizzata degli interventi di prevenzione incendi con obiettivo di protezione civile.

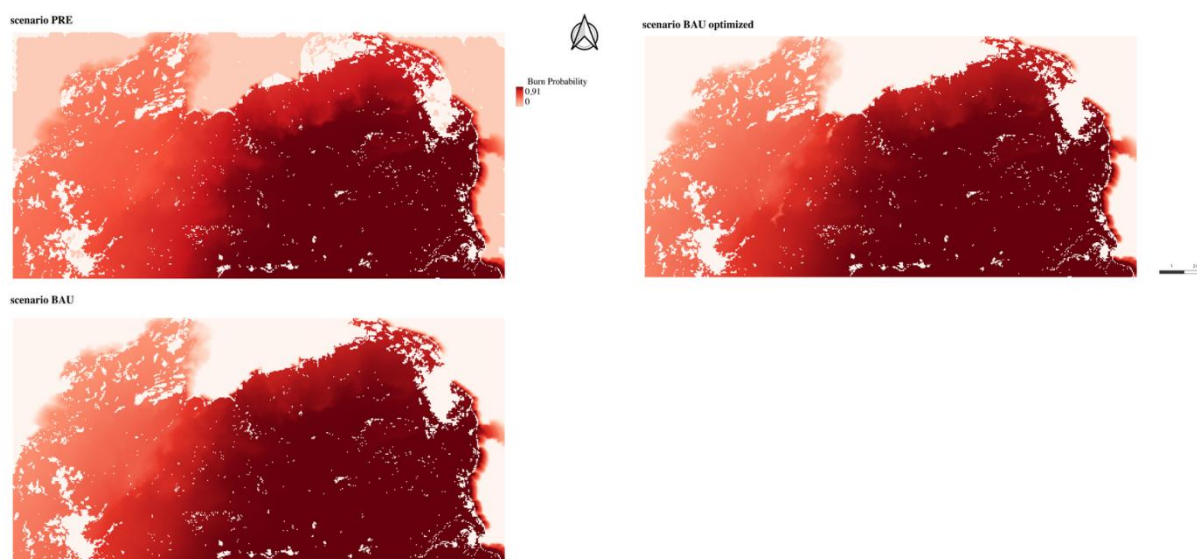


Figura 43 - Burn Probability nello scenario in assenza di interventi di prevenzione incendi (PRE), dopo l'attuazione degli interventi previsti, post ottimizzazione tramite l'utilizzo del TOM (BAU) e dopo l'ottimizzazione spaziale degli interventi con obiettivo di protezione civile (BAU optimized).

3.3.7 Proposta di spazializzazione degli interventi per la protezione della biodiversità e calcolo della Burn Probability post-intervento

Nella **Figura 44** viene mostrata la distribuzione delle opportunità di trattamento, dove poter collocare gli interventi di prevenzione incendi per i diversi obiettivi (Treatment opportunities – poligoni in grigio), e l'applicazione del modello TOM, che ha consentito di spazializzare gli interventi di prevenzione incendi con obiettivo di conservazione della biodiversità (TOM BIO – poligoni in verde). Si osserva come la spazializzazione ottimizzata degli interventi (TOM BIO) intercetti le traiettorie preferenziali di propagazione che originano dal punto di innesco (max ignition point BIO). Questo punto di innesco è stato selezionato fra i punti di innesco che originano i grandi incendi all'interno del landscape, e responsabile del grande incendio che andrebbe ad intercettare o ad influenzare le CA e le IB (vedi **paragrafo 3.1.6**)

In **Figura 45** viene riportata l'analisi della probabilità di percorrenza degli incendi nello scenario in assenza di interventi preventivi (scenario PRE) e a seguito della spazializzazione ottimizzata delle infrastrutture preventive con obiettivo di conservazione della biodiversità utilizzando il TOM (scenario BIO).

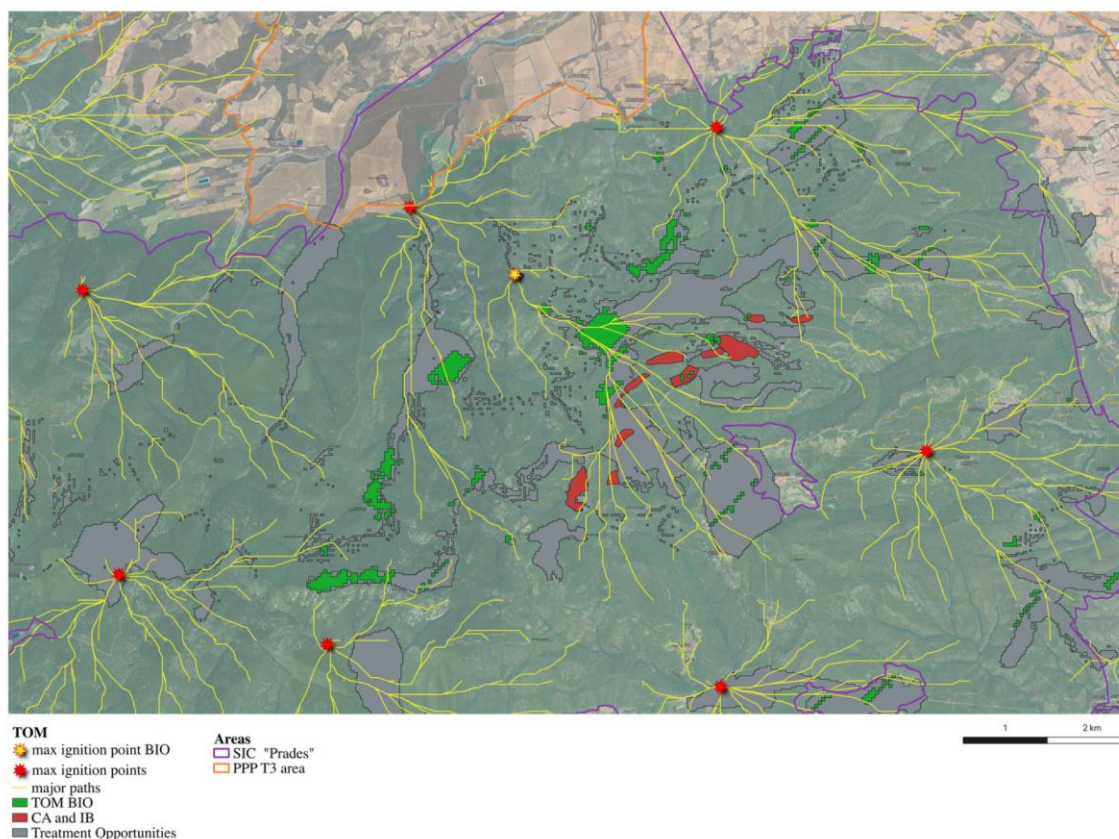


Figura 44 - Spazializzazione ottimizzata degli interventi di prevenzione incendi con obiettivo di conservazione della biodiversità.



scenario PRE



Burn Probability
0.91
0



scenario BIO

Burn Probability
0.91
0

1 2 km

Figura 45 - Burn Probability nello scenario in assenza di interventi di prevenzione incendi (PRE) e dopo l'ottimizzazione spaziale degli interventi con obiettivo di conservazione della biodiversità (BIO).

3.3.8 Proposta di spazializzazione degli interventi per l'ottenimento del trade-off delle superfici da trattare per il conseguimento degli obiettivi di protezione civile e conservazione della biodiversità

Nella **Figura 46** viene mostrata la distribuzione delle opportunità di trattamento dove poter collocare gli interventi di prevenzione incendi per i diversi obiettivi (**Figura 46A** – Treatment opportunities – poligoni in grigio). L'applicazione del modello TOM ha consentito di spazializzare gli interventi di prevenzione incendi con obiettivo di protezione civile (**Figura 46B** – TOM BAU optimized – poligoni in blu) e con obiettivo di conservazione della biodiversità (**Figura 46C** – TOM BIO – poligoni in verde). In **Figura 46D** viene mostrato il trade-off nella distribuzione delle superfici degli interventi di prevenzione incendi per raggiungere entrambi gli obiettivi di protezione civile e conservazione della biodiversità (TOM TRADE-OFF – poligoni in rosa).

In **Figura 47** viene riportata l'analisi della probabilità di percorrenza degli incendi nello scenario in assenza di interventi preventivi (scenario PRE) e a seguito della spazializzazione ottimizzata delle infrastrutture preventive utilizzando il TOM per conseguire entrambi gli obiettivi (scenario TRADE-OFF).

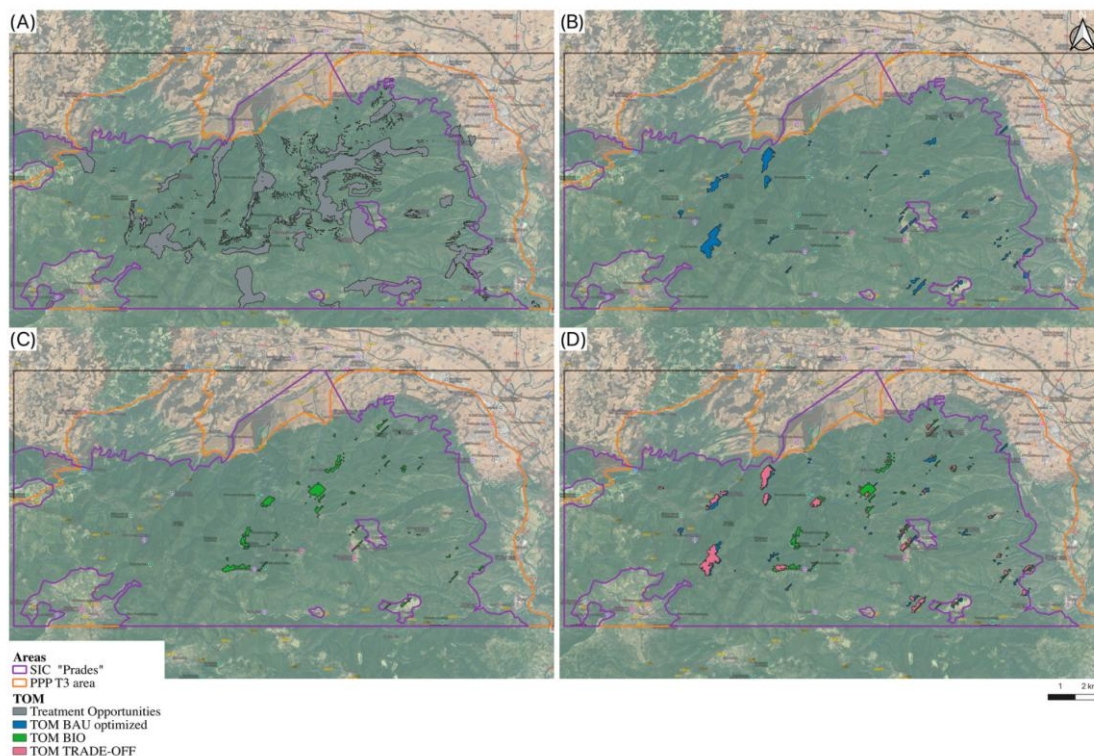


Figura 46 - (A) Treatment opportunities dove poter collocare gli interventi di prevenzione incendi per i diversi obiettivi; (B) spazializzazione ottimizzata degli interventi di prevenzione incendi con obiettivo di protezione civile; (C) spazializzazione ottimizzata degli interventi di prevenzione incendi con obiettivo di conservazione della biodiversità; (D) trade-off delle superfici di intervento per raggiungere entrambi gli obiettivi di protezione civile e di conservazione della biodiversità.

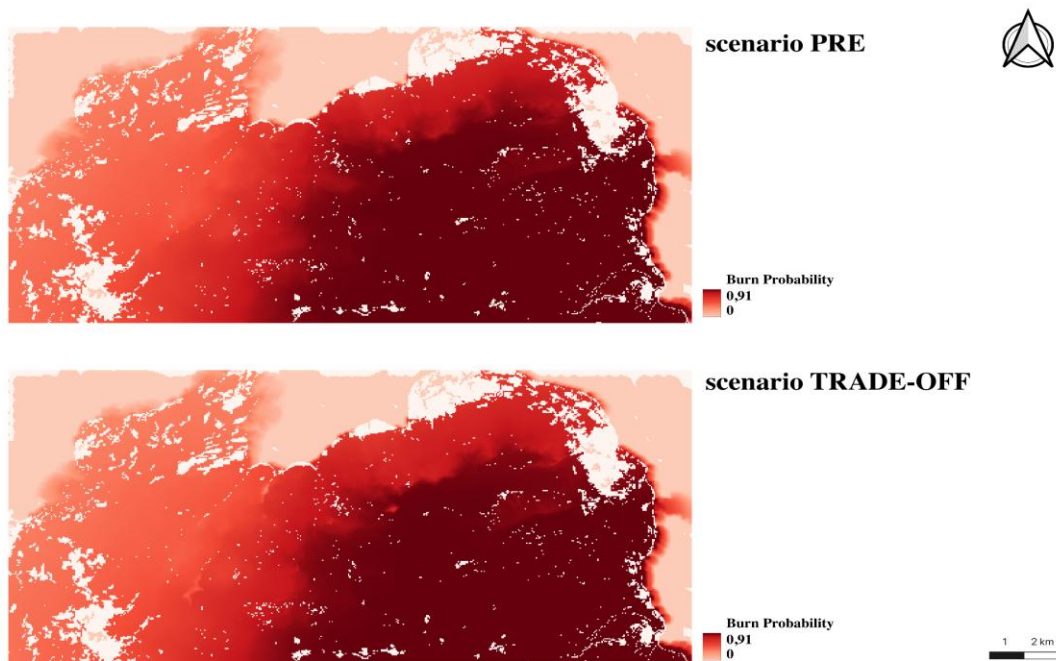


Figura 47 - Burn Probability nello scenario in assenza di interventi di prevenzione incendi (PRE) e la realizzazione degli interventi sulle superfici identificate dal Treatment Optimization Model come le superfici che consentono di raggiungere entrambi gli obiettivi di protezione civile di conservazione della biodiversità (TRADE-OFF).

3.3.9 Valutazione della variazione della probabilità di percorrenza degli incendi e della distribuzione degli incendi potenziali nei diversi scenari di spazializzazione degli interventi di prevenzione incendi

Nella **Figura 48** viene mostrata la carta del rischio d'incendio in assenza di interventi di prevenzione incendi (risk PRE). Questa carta è stata realizzata mediante una matrice di combinazione delle classi di pericolosità in assenza di infrastrutture preventive (Hazard PRE, **paragrafo 3.1.1**) e dell'impatto potenziale (Potential impact, **paragrafo 3.1.2**) (**Figura 49**).

In **Tabella 24**, per le aree del landscape ricadenti nella classe di rischio Very High, è stata calcolata la differenza (delta) tra la probabilità di percorrenza media nello scenario in assenza di interventi di prevenzione incendi (PRE) e negli scenari di ottimizzazione degli interventi di prevenzione incendi con obiettivo di protezione civile (BAU opt), di conservazione della biodiversità (BIO) e di trade-off delle superfici fra i due obiettivi (TRADE-OFF). Il rapporto fra il delta tra lo scenario PRE e lo scenario BAU ottimizzato (delta PRE-BAUopt) e il delta fra lo scenario PRE e lo scenario BIO (delta PRE-BIO) e lo scenario TRADE-OFF (delta PRE-TRADEOFF) mostra come lo scenario BIO comporti una riduzione di Burn Probability maggiore del 19.0 % rispetto allo scenario BAU ottimizzato; la riduzione della probabilità di passaggio di un incendio risulta essere maggiore del 56.0 % nello scenario TRADE-OFF rispetto allo scenario BAU ottimizzato. Questi risultati evidenziano la maggior efficacia nella riduzione della probabilità di percorrenza attraverso il trade-off delle superfici dedicate alla realizzazione delle infrastrutture per la prevenzione incendi per conseguire entrambi gli obiettivi.

In **Tabella 25**, per ciascuna esposizione, è stata calcolata la differenza (delta) tra la probabilità di percorrenza media nello scenario in assenza di interventi di prevenzione incendi (PRE) e negli scenari di ottimizzazione degli interventi di prevenzione incendi con obiettivo di protezione civile (BAU opt), di conservazione della biodiversità (BIO) e di trade-off delle superfici fra i due obiettivi (TRADE-OFF). Il rapporto fra il delta tra lo scenario PRE e lo scenario BAU ottimizzato (delta PRE-BAUopt) e il delta fra lo scenario PRE e lo scenario BIO (delta PRE-BIO) e lo scenario TRADE-OFF (delta PRE-TRADEOFF) mostra come lo scenario BAU ottimizzato porti ad riduzione di Burn Probability maggiore rispetto allo scenario BIO per tutte le esposizioni (Biodiversity, riduzione del 90.5 %; Habitat, riduzione del 21.8 %; Forest Ecosystem Services, riduzione del 24.4 %; Soil erosion, riduzione del 38.4 %; Urban-wilderness Interface, riduzione del 7.7 %). La riduzione maggiore di probabilità del passaggio di un incendio è stata osservata nello scenario TRADE-OFF (riduzione media di BP maggiore del 63.8 ± 16.5 % rispetto allo scenario BAU ottimizzato) per tutte le esposizioni. Questi risultati sottolineano l'efficacia nella riduzione della probabilità di percorrenza della spazializzazione degli interventi con obiettivo di protezione civile, ma soprattutto una maggior efficacia nella riduzione della probabilità di percorrenza attraverso il trade-off delle superfici dedicate alla realizzazione delle infrastrutture per la prevenzione incendi per conseguire entrambi gli obiettivi (**Figura 50**).

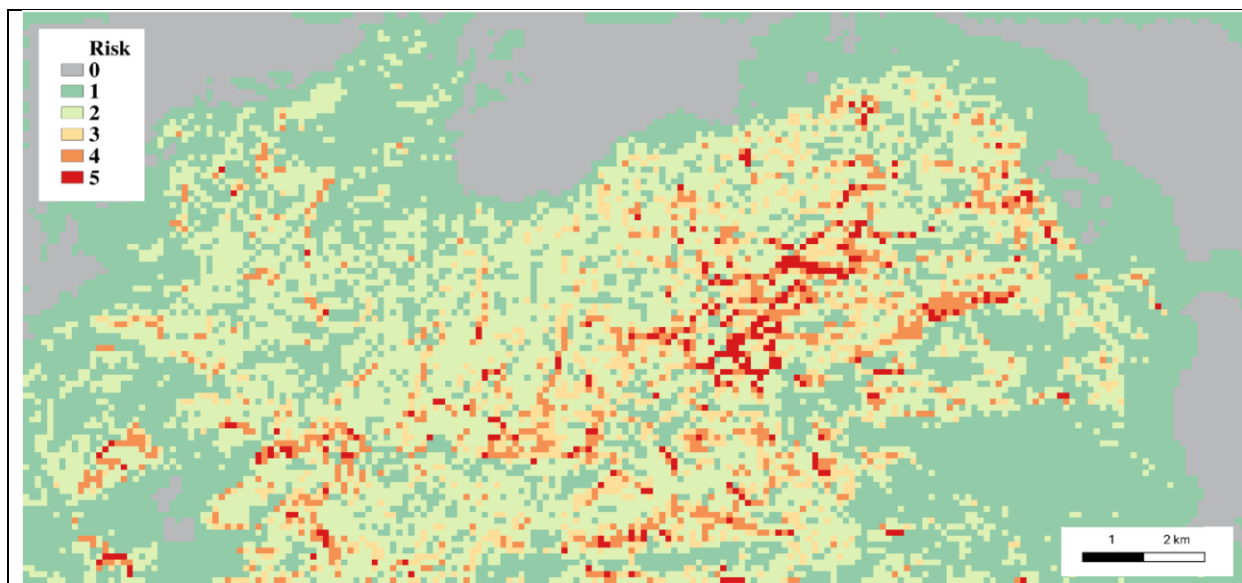
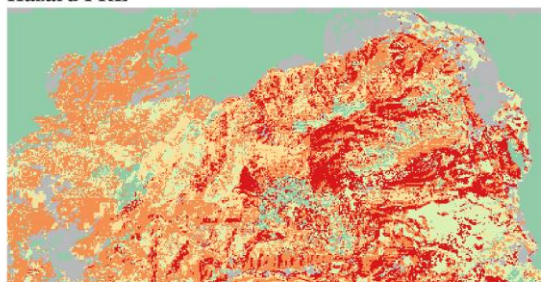


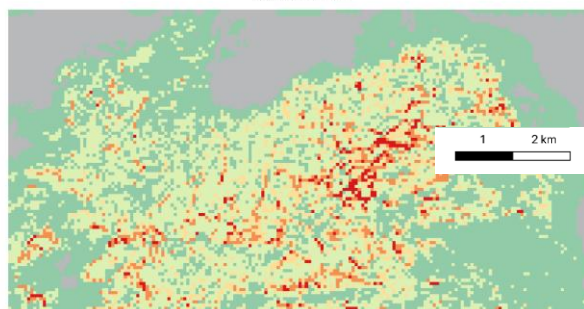
Figura 48 - Rischio d'incendio in assenza di interventi di prevenzione incendi (risk PRE) diviso in classi.

Hazard PRE



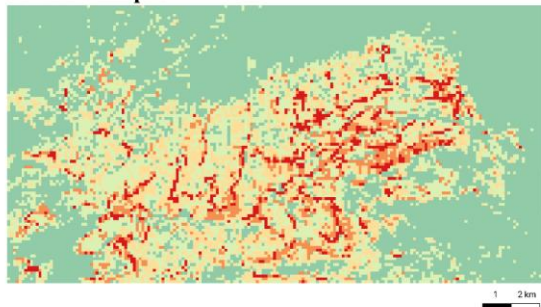
Hazard
0
1
2
3
4
5

Risk PRE



Risk
0
1
2
3
4
5

Potential impact



Potential impact
1
2
3
4
5

Figura 49 - Pericolosità in assenza di infrastrutture preventive (Hazard PRE), Impatto potenziale (Potential impact) e Rischio d'incendio in assenza di interventi di prevenzione incendi (risk PRE) divisi in classi.

Tabella 24 - Delta: differenza fra la Burn Probability media nello scenario in assenza di interventi di prevenzione incendi (PRE) e nello scenario BAU ottimizzato (BAUopt), BIO e TRADE-OFF per le aree del landscape in classe rischio d'incendio Very High; Rapporti dei delta: rapporto fra il delta di Burn Probability PRE-BAU optimized (BAUopt) e i delta di Burn Probability PRE-BIO e PRE-TRADE-OFF per le aree del landscape in classe rischio d'incendio Very High.

Delta		
PRE-BAUopt	PRE-BIO	PRE-TRADEOFF
0.004529	0.005529067	0.010391
Rapporti dei delta		
deltaPRE-BAUopt/ deltaPRE-BIO	deltaPRE-BAUopt/ deltaPRE-TRADEOFF	
0.81905	0.435821	

Tabella 25 - Delta: Differenza fra la Burn Probability media nello scenario in assenza di interventi di prevenzione incendi (PRE) e nello scenario BAU ottimizzato (BAUopt), BIO e TRADE-OFF per ciascuna esposizione; Rapporti dei delta: rapporto fra il delta di Burn Probability PRE-BAU optimized (BAUopt) e i delta di Burn Probability PRE-BIO e PRE-TRADE-OFF per ciascuna esposizione.

	PRE-BAUopt	PRE-BIO	PRE-TRADE-OFF	deltaPREBAUopt/ deltaPREBIO	deltaPREBAUopt/ deltaPRETRADE-OFF
Biodiversity	0.000734	0.007728	0.009871	0.094913	0.074306
Habitat	0.005799	0.007421	0.013237	0.781484	0.438107
Forest Ecosystem Services	0.006032	0.007981	0.014064	0.755779	0.428897
Soil Erosion	0.005958	0.009673	0.015639	0.615905	0.380972
Urban-wilderness Interface	0.006322	0.006849	0.013002	0.923038	0.486214

Nella **Figura 51** viene mostrata la distribuzione degli incendi potenziali simulati nelle diverse classi di superficie percorsa per ciascuno scenario.

Sono state riscontrate delle differenze soprattutto nelle classi dimensionali dalla 13 alla 18, ovvero per gli incendi di dimensioni dai 1000 ai 15000 ha, dove si è verificata un aumento nella frequenza degli incendi potenziali nelle classi 15 e 16 rispettivamente: del 1.3 ± 1.0 % nello scenario BAU, del 5.2 ± 4.1 % nello scenario BAU ottimizzato (BAU opt), del 10.9 ± 8.0 % nello scenario BIO e del 18.1 ± 6.3 % nello scenario TRADE-OFF. Solo nello scenario BAU ottimizzato, BIO e TRADE-OFF si è verificato un aumento della frequenza degli incendi potenziali nella classe 13 (range: 1000-3000 ha) mediamente pari a 5.3 ± 2.3 %; è risultata esserci una diminuzione del 3.6% nel numero di incendi simulati nella classe 14 (range: 3000-5000 ha) nello scenario BIO, mentre un aumento del 3.6% nello scenario BAU ottimizzato.

Nelle classi dimensionali 17 e 18 (range: 10000-15000 ha) è risultata esserci invece una diminuzione della frequenza degli incendi potenziali rispettivamente: del 0.8 ± 0.3 % nello scenario BAU, del 4.3 ± 1.5 % nello scenario BAU ottimizzato (BAU opt), del 6.1 ± 7.2 % nello scenario BIO e del 11.7 ± 10.3 % nello scenario TRADE-OFF. Questi risultati sottolineano come la maggior efficacia nella riduzione della dimensione degli

incendi potenziali sia stata ottenuta con dal trade-off delle superfici dedicate alla realizzazione delle infrastrutture per la prevenzione incendi per conseguire entrambi gli obiettivi (scenario TRADE-OFF), seguita dalla spazializzazione ottimizzata degli interventi con obiettivo di conservazione della biodiversità (scenario BIO) (Tabella 26 e Figura 51).

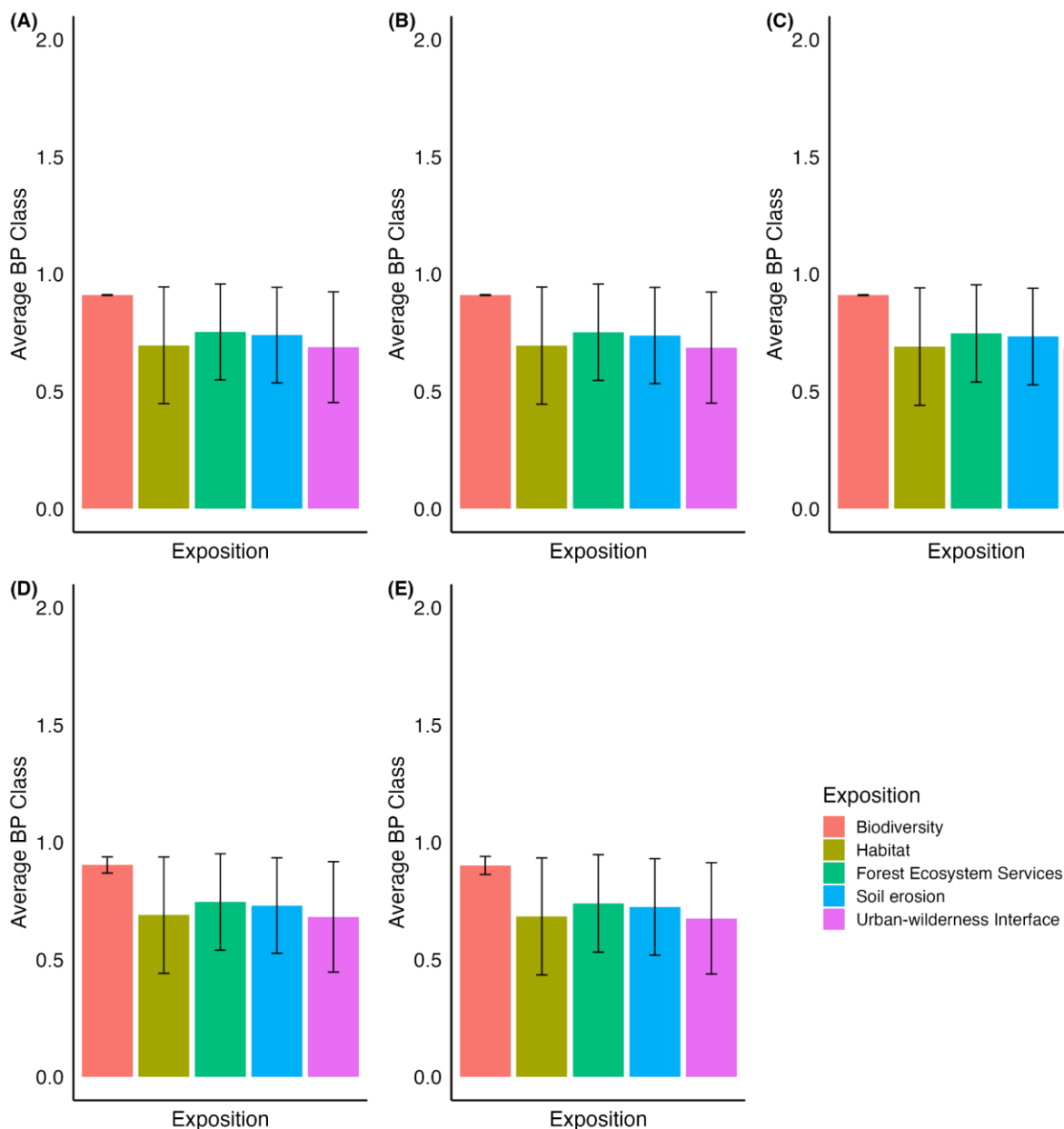


Figura 50 - Burn Probability media ($\pm$ SD) nelle esposizioni nei diversi scenari di spazializzazione degli interventi di prevenzione incendi: (A) PRE, (B) BAU, (C) BAU optimized, (D) BIO, (E) TRADE-OFF).

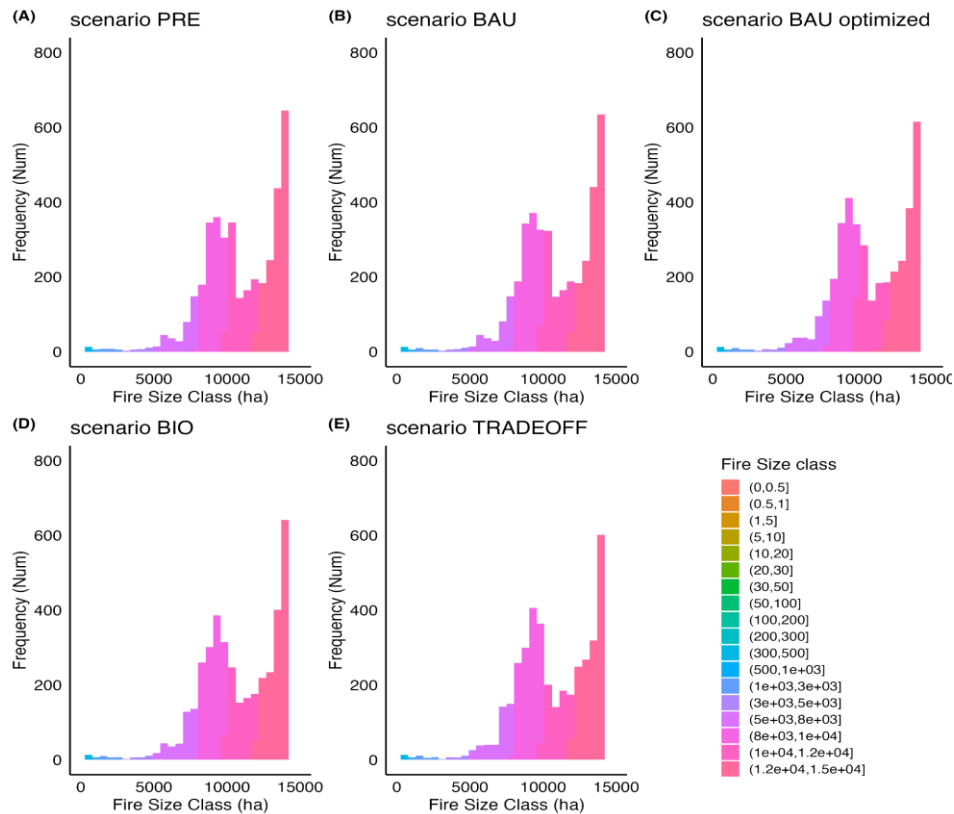


Figura 51 - Distribuzione in classi dimensionali degli incendi potenziali nei diversi scenari di spazializzazione degli interventi di prevenzione incendi: (A) PRE, (B) BAU, (C) BAU optimized, (D) BIO, (E) TRADE-OFF.

Tabella 26 - Rapporto fra le frequenze relative degli incendi potenziali nei diversi scenari di spazializzazione degli interventi di prevenzione incendi e le frequenze relative degli incendi potenziali nello scenario in assenza di interventi di prevenzione incendi (PRE) per ciascuna classe dimensionale.

N Fire Size	Fire Size Class	BAU/PRE	BAUopt/PRE	BIO/PRE	TRADEOFF/
1	[0,0.5)	0.991266	0.994178	0.994178	0.994178
2	[0.5,1)	0.857143	0.857143	0.857143	0.857143
3	[1,5)	1	1	1	1
4	[5,10)	1	1	1	1
5	[10,20)	1	1	1	1
6	[20,30)	1	1	1	1
7	[30,50)	1	1	1	1
8	[50,100)	1	1	1	1
9	[100,200)	1	1	1	1
10	[200,300)	1	1	1	1
11	[300,500)	1	1	1	1
12	[500,1000)	1	1	1	1
13	[1000,3000)	1	1.04	1.04	1.08
14	[3000,5000)	1	1.035714	0.964286	1
15	[5000,8000)	1.005797	1.023188	1.165217	1.226087
16	[8000,10000)	1.02109	1.080844	1.052724	1.137083
17	[10000,12000)	0.989424	0.945946	0.887192	0.809636
18	[12000,15000)	0.993602	0.96737	0.989763	0.955854

4 Conclusioni

4.1 Selvicoltura preventiva a scala di popolamento

Nel Deliverable 3.2, la **scala di popolamento** ha affrontato il tema della **integrazione fra prescrizioni** selvicolturali per la conservazione degli habitat 9530 e 9260 e le prescrizioni che mirano a ridurre l'inflammabilità dei popolamenti forestali all'interno di **infrastrutture preventive** intese come viali tagliafuoco a supporto della lotta attiva e zone di autoresistenza dei popolamenti. L'**approccio proposto nel Deliverable 3.2** offre un metodo replicabile per valutare il grado di conflitto fra le prescrizioni selvicolturali.

Per quanto riguarda i viali tagliafuoco in prossimità del network ecologico (vedi schemi: **Figura 52, Figura 53, Figura 54, Figura 55, e Figura 56.**

- **Habitat 9260:** (i) per le Core Area (CA): quando presente viabilità di supporto alla lotta attiva in prossimità della CA è sempre necessario attuare interventi esternamente alla CA, per una fascia di ampiezza minima di 50-70 m (in funzione di pendenza e morfologia) e di lunghezza minima di 1000 m lungo la viabilità posta in prossimità della CA stessa. Interventi perimetrali interni alla CA, se funzionali all'efficacia dei viali, sono da attuarsi per una fascia di profondità di 20-30 m. (ii) Per le Isole di Biodiversità (IB): quando presente viabilità di supporto alla lotta attiva in prossimità di IB a più elevata pericolosità di incendio e di maggiori dimensioni (indipendentemente se di tipo "conservative" o "improved"), è sempre necessario attuare interventi esternamente alle IB, nella direzione del più probabile incendio, per una fascia di ampiezza minima di 70 m (in funzione di pendenza e morfologia) e di lunghezza minima di 500 m lungo la viabilità posta in prossimità delle singole IB. Interventi perimetrali interni alle IB, se funzionali all'efficacia dei viali, sono da attuarsi per una fascia di profondità di 20-30 m.
- **Habitat 9530:** (i) per le Core Area (CA): quando presente viabilità di supporto alla lotta attiva in prossimità della CA è sempre necessario attuare interventi esternamente alla CA, per una fascia di ampiezza minima di 80-100 m (in funzione di pendenza e morfologia) e di lunghezza minima di 1000 m lungo la viabilità posta in prossimità della CA stessa. Interventi perimetrali interni alla CA, se funzionali all'efficacia dei viali, sono da attuarsi per una fascia di profondità di 30-50 m. (ii) Per le Isole di Biodiversità (IB): quando presente viabilità di supporto alla lotta attiva in prossimità di IB a più elevata pericolosità di incendio e di maggiori dimensioni (indipendentemente se di tipo "conservative" o "improved"), è sempre necessario attuare interventi esternamente alle IB, nella direzione del più probabile incendio, per una fascia di ampiezza minima di 80-100 m (in funzione di pendenza e morfologia) e di lunghezza minima di 500 m lungo la viabilità posta in prossimità delle singole IB. Interventi perimetrali interni alle IB, se funzionali all'efficacia dei viali, sono da attuarsi per una fascia di profondità di 30-50 m.

Per quanto riguarda le infrastrutture di autoresistenza dei popolamenti, nel valutare la coerenza fra indicazioni selvicolturali per gli habitat Natura 2000 e le misure di prevenzione è utile tener presente:

- **Priorità della protezione civile:** Nel momento in cui si rende necessario intervenire all'interno di un'area protetta con un viale tagliafuoco, le norme tecniche per garantire la sicurezza degli operatori AIB sono preponderanti su altri principi. In questi casi, è necessario andare in deroga alle misure di conservazione specifica per la porzione di viale con prelievi in area basimetrica e riduzione della copertura non sempre coerenti con le misure di conservazione.
- **Ricerca del compromesso:** se intervengo per aumentare la resistenza e resilienza di un habitat forestale di interesse a fini conservativi devo ragionare sui compromessi. Quando realizzo la martellata valuto il valore ecologico del singolo albero ed il suo rapporto di inflammabilità con gli

alberi vicini, soprattutto in presenza di conifere che supportano l'incendio di chioma. In molte situazioni posso permettermi di lasciare alberi vetusti pieni di dendro-microhabitat con caratteri di infiammabilità (es., colate di resina, rosure) e allora devo lavorare con una selvicoltura d'albero o per gruppi attorno alle piante candidate, in modo da evitare la trasmissione dell'incendio di chioma o una dose termica letale alle piante candidate.

- **Necromassa:** per proteggere singoli o gruppi di alberi habitat devo anche intervenire sulla biomassa infiammabile di superficie, e quindi sulla necromassa. La necromassa è una delle componenti più infiammabili, e accumuli possono generare grandi intensità e livelli di severità (es., incendio Val Susa nel 2017). Tuttavia, l'infiammabilità della necromassa è inversamente proporzionale alle sue dimensioni e solo se sono presenti tutte le classi dimensionali di legna morta il complesso di combustibile diventa altamente infiammabile. Spesso per raggiungere gli obiettivi di conservazione della biodiversità dobbiamo garantire la presenza di necromassa di dimensioni maggiori mentre le classi dimensionali sotto i 7 cm sono di minore interesse, ma sono proprio queste che determinano la propagazione del fronte di fiamma e l'aumento in intensità. Ridurre la frazione più infiammabile della necromassa rilasciando quella di maggiori dimensioni è una attività di prevenzione che può essere realizzata attorno a singoli o gruppi di alberi habitat. La regolazione selettiva della necromassa può essere anche ottenuta mediante trattamenti di fuoco prescritto che vanno a ridurre la frazione di minori dimensioni non coinvolgendo nella combustione i diametri maggiori perché più umidi in presenza di precipitazioni ravvicinate. Anche la distribuzione spaziale della necromassa può contribuire l'aumento della resistenza di un popolamento. Pur garantendo un buon livello di necromassa in bosco questa andrebbe allontanata dai gruppi di alberi habitat, evitando accumuli, soprattutto negli impluvi dove l'intensità del fronte di fiamma può aumentare, e garantendo in generale una discontinuità realizzata attraverso una scacchiera di porzioni di bosco in cui è presente la necromassa e porzioni in cui questa viene rimossa.

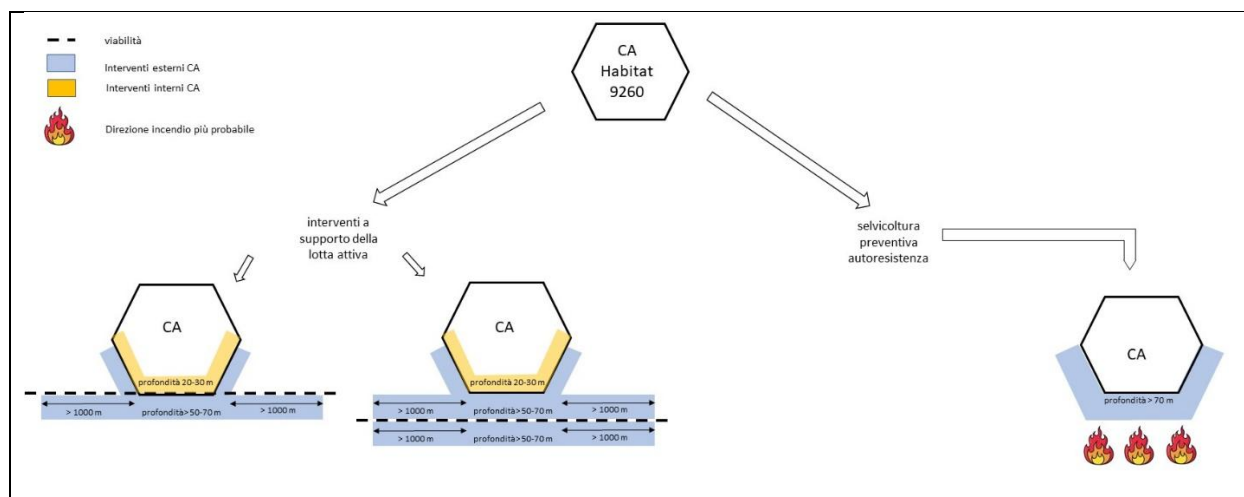


Figura 52 - schema interventi CA per Habitat 9260

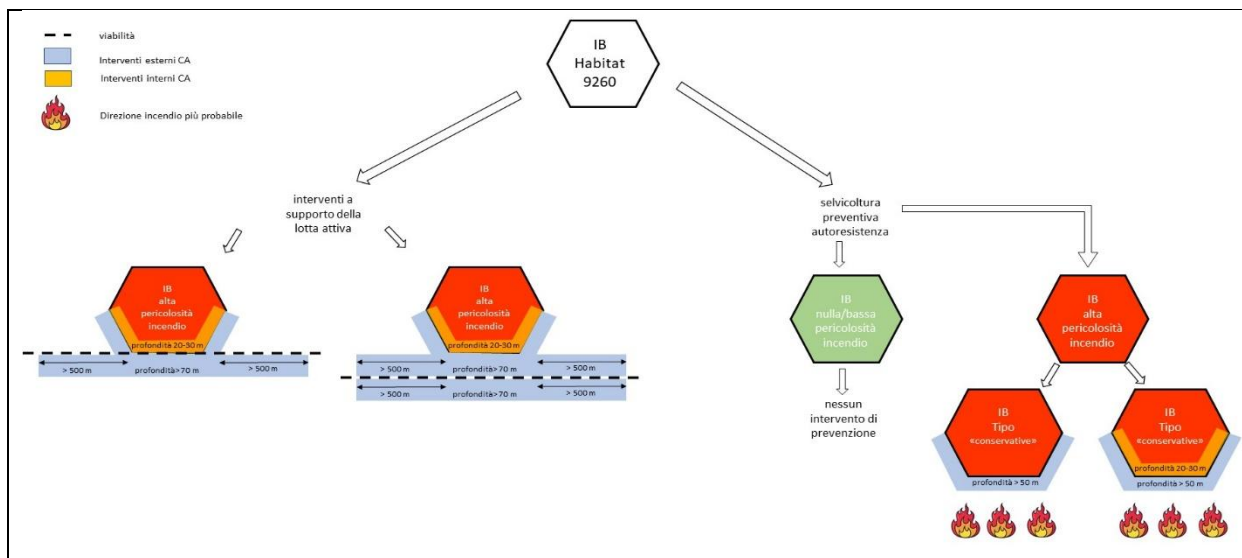


Figura 53 - schema interventi IB per Habitat 9260

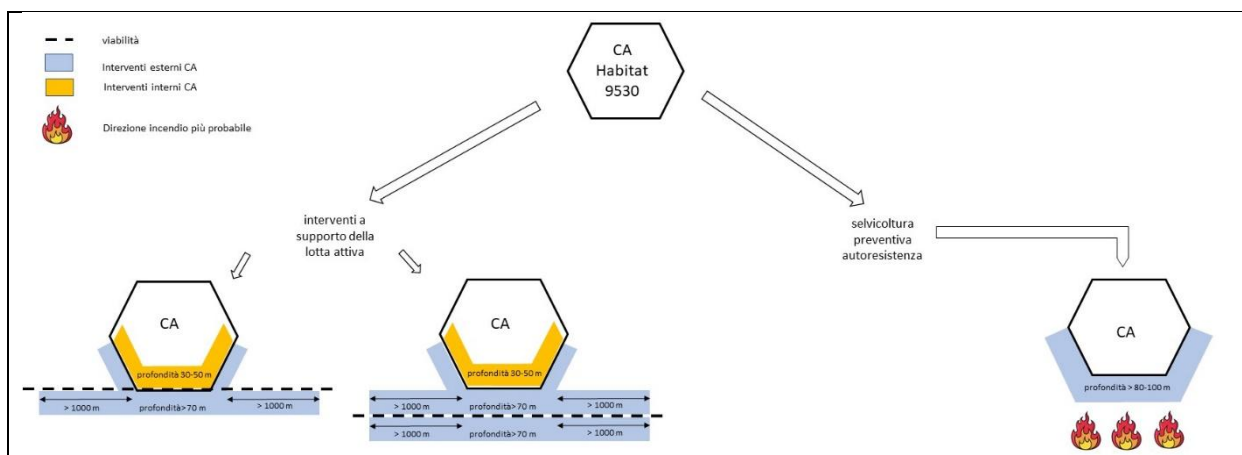


Figura 54 - schema interventi CA per Habitat 9530

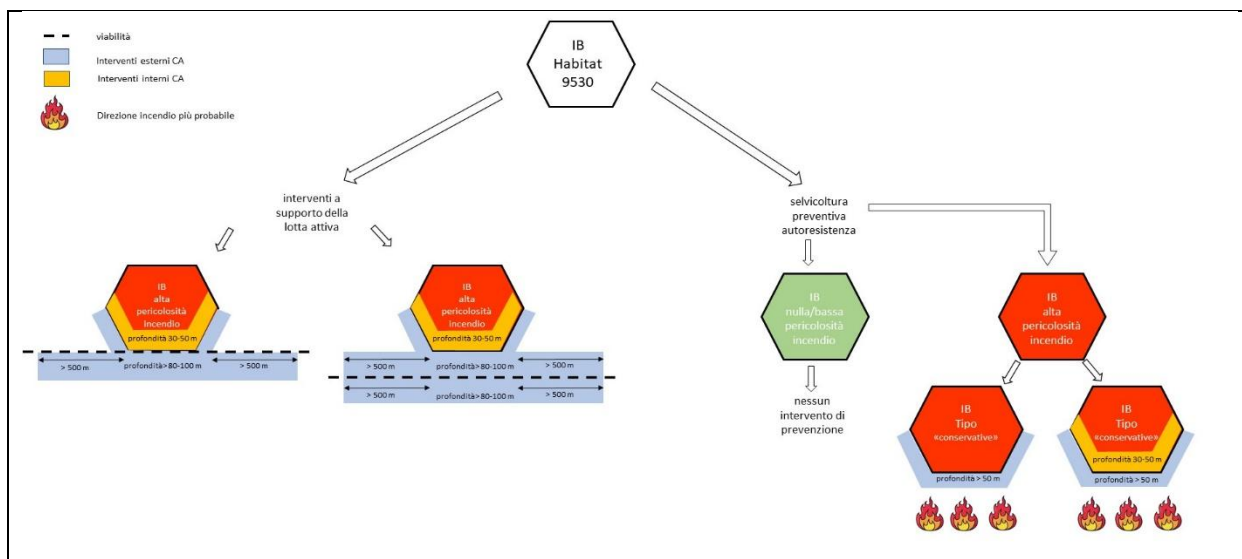


Figura 55 - schema interventi IB per Habitat 9530

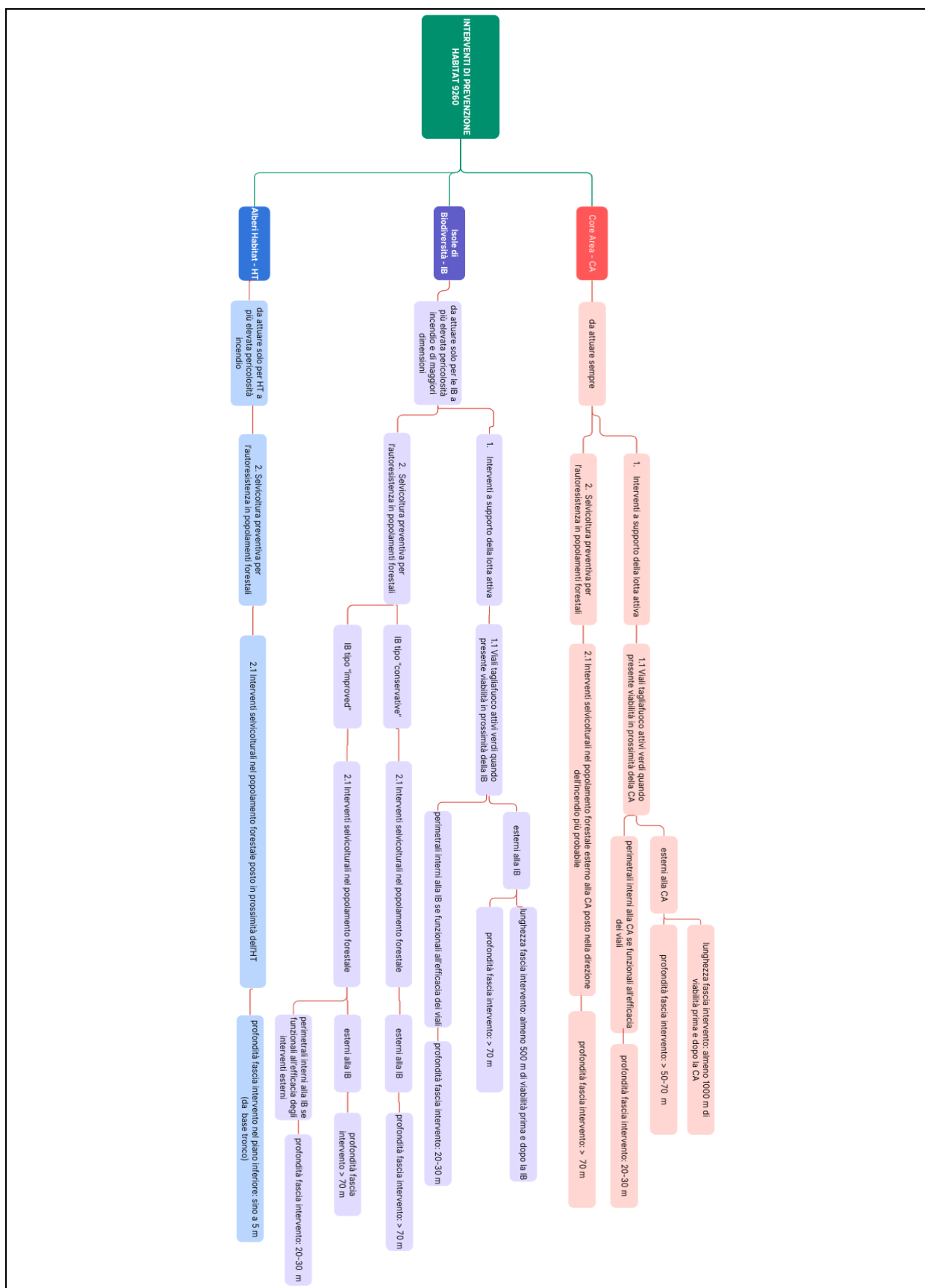


Figura 56 - mappa mentale interventi di prevenzione Habitat 9260

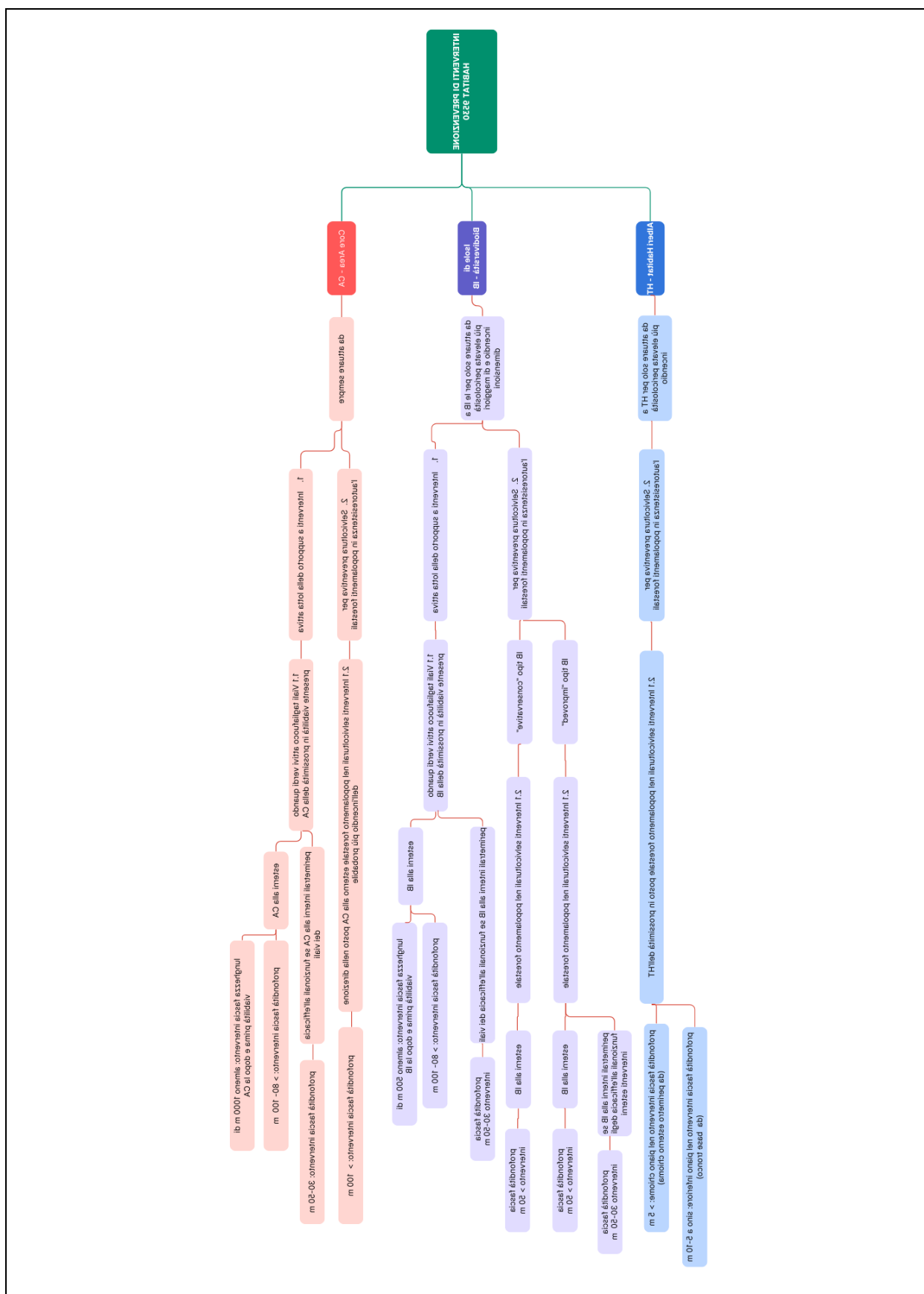


Figura 57 - mappa mentale interventi di prevenzione Habitat 9530

4.2 Pianificazione integrata a scala territoriale

La pianificazione strategica delle infrastrutture preventive mira a trovare un **compromesso fra la protezione di diversi obiettivi** (biodiversità, protezione dell'interfaccia urbano-rurale, protezione del suolo) cercando di ottimizzare gli investimenti per la mitigazione degli impatti da incendio a scala territoriale. Il **metodo proposto nel Deliverable 3.2** offre una procedura di analisi quantitativa replicabile. Il metodo, tuttavia, può essere migliorato con ulteriori analisi che combinano scenari diversi:

- **Scenari alternativi di risorse per la prevenzione:** nel presente Deliverable 3.2 si è utilizzato solo l'**1% della superficie infiammabile** da destinare a infrastrutture preventive adottando la percentuale indicata nei piani di prevenzione realizzati sul territorio. Tuttavia, questa superficie è evidentemente limitata per poter avere un effetto reale sul regime di incendi. Sarebbe quindi interessante replicare l'analisi testando scenari che prevedono un aumento della superficie trattata prevedendo una variazione della percentuale di trattamento (es. 1-3-5-10%) sul totale della superficie infiammabile.
- **Calibrazione della infiammabilità nelle aree di intervento:** nel presente Deliverable 3.2 è stata utilizzata una calibrazione del modello di propagazione di Rothermel (1972) adottando un set di modelli di combustibile standard (Scott e Burgan 2004). In particolare, per le aree identificate come infrastrutture preventive è stato utilizzato il modello 184. Questo approccio è conservativo in quanto il modello consente comunque una propagazione relativamente veloce del fronte di fiamma all'interno delle aree di intervento. Sarebbe quindi interessante testare l'effetto della scelta di diversi modelli standard alternativi da associare alle aree identificate come infrastrutture preventive (es., modelli di combustibile 182-181-91).
- **Alternative di spazializzazione delle infrastrutture preventive:** nel presente lavoro, per ogni scenario (BAU, BIO, TRADE-OFF) è stata ricercata una unica soluzione di distribuzione spaziale delle infrastrutture preventive. Tuttavia, nella pianificazione territoriale è utile considerare soluzioni alternative per garantire la dovuta flessibilità a fronte di condizioni limitanti sul territorio (es., caratteristiche geografiche, proprietà, risorse, vincoli). Sarebbe quindi utile fornire soluzioni alternative di spazializzazione delle infrastrutture preventive fra cui poter scegliere con tavoli partecipati sul territorio.

L'attuale standard adottato in diverse regioni europee per pianificare la prevenzione degli incendi prevede di integrare le aree protette ed i siti Natura 2000 nell'analisi del rischio. Questo approccio riconosce che un incendio è sempre un problema per un Ente di gestione di un'area protetta indipendentemente dal reale impatto che il fuoco può avere sulla biodiversità, in quanto un incendio rappresenta un aggravio amministrativo (es., costi, vincoli, accessibilità). Tuttavia, questo approccio mette in difficoltà il pianificatore in quanto non è pensabile, e in molti casi non desiderabile, evitare al 100% che un incendio entri in un'area protetta. Per le attività di prevenzione le risorse sono limitate e devono essere usate al meglio secondo principi di ottimizzazione della risorsa attraverso una analisi multicriterio che mette sul tavolo le diverse esigenze: conservazione della biodiversità, ma anche protezione civile, sviluppo rurale, produzioni agro-silvo-pastorali. Per affrontare questa complessità è necessario prendere in considerazione i seguenti aspetti:

- **Gli habitat presentano sensibilità diverse al disturbo da fuoco:** (i) habitat sensibili: un singolo disturbo può compromettere la funzionalità dell'habitat. In questi casi è necessaria una protezione totale esterna all'habitat che riduca la probabilità che un incendio percorra l'habitat. Devo quindi agire a monte dell'habitat per evitare l'ingresso dell'incendio attraverso una rete di infrastrutture preventive che limitino la possibilità di contagio del fuoco fino alla mia area da proteggere; (ii) all'altro estremo abbiamo habitat poco sensibili al fuoco dove anche il passaggio frequente e intenso del fuoco ne mantiene la funzionalità; (iii) habitat che richiedono un preciso regime di disturbo da fuoco: in questo caso non posso lasciare alla casualità del fenomeno incendi ma devo regolare il disturbo da fuoco con una gestione attiva (es., fuoco prescritto). Pianificare il regime di disturbo da fuoco

consente di dosare l'elemento fuoco secondo le esigenze di conservazione degli habitat, far svolgere al fuoco l'effetto regolatore della biomassa e prevenire l'effetto casuale di incendi incontrollati.

- **Identificazione di target da proteggere:** all'interno delle aree Natura 2000 è importante identificare i target da proteggere come **isole di senescenza** dove sebbene il popolamento possa essere resiliente al fuoco devo proteggerlo dal disturbo per poter garantire la sopravvivenza nel tempo di alberi vetusti e mantenere la dinamica di senescenza e la presenza di certi livelli di necromassa e di alberi habitat. Al tempo stesso in alcune situazioni il fuoco può essere un acceleratore nella dinamica di senescenza, portando il bosco ad acquisire più velocemente gli attributi desiderati come livelli di necromassa e microhabitat.
- **Estensione delle aree a invecchiamento indefinito e isole di senescenza:** in alcuni casi posso permettermi un certo livello di isole di senescenza a invecchiamento indefinito all'interno di un'area protetta. Tuttavia, l'assenza di una regolazione della biomassa su superfici estese può portare al verificarsi di grandi incendi con conseguenze importanti per la severità all'interno di un'area protetta. Un esempio è il grande incendio del Parco nazionale del Vesuvio nel 2017 in Italia, gestito come una grande isola di senescenza in assenza di interventi gestionali di regolazione della biomassa per decenni, risultando infine in uno dei più grandi incendi del 2017 con il 65% della superficie del parco percorsa con livelli di severità elevati e importanti problemi di protezione civile nelle zone di interfaccia. La collocazione, **distribuzione spaziale e quantità relativa della superficie a isole di senescenza** rispetto alla superficie bruciabile sono aspetti da valutare. Nella distribuzione delle isole di senescenza è necessario tenere conto della pericolosità incendi e delle traiettorie preferenziali che un incendio può percorrere, evitando allineamenti, e la continuità su grandi superfici che può portare al rilascio di grandi quantità di energia con formazione di piro-cumuli e quindi un comportamento dell'incendio non più determinato da vento e orografia, ma dalla sua stessa energia (esempi di comportamento estremi – vortici, salti di favilla, downburst).
- **Probabilità di incendio all'interno dell'area protetta:** bisogna considerare che non tutti gli incendi possono essere fermati prima che entrino in un'area protetta. In questo caso devo intervenire anche all'interno dell'area protetta aumentando da un lato le opportunità di lotta attiva, dall'altro interventi che aumentino la resistenza e resilienza di quei popolamenti che sono di interesse per la conservazione della biodiversità.

5 Bibliografia

Ampoorter E., Barbaro L., Jactel H., Baeten L., Boberg J., Carnol M., Castagneyrol B., Charbonnier Y., Dawud S.M., Deconchat M., De Smedt P., De Wandeler H., Guyot V., Hattenschwiler S., Joly F.X., Koricheva J., Milligan H., Muys B., Nguyen D., Ratcliffe S., Raulund-Rasmussen K., Scherer-Lorenzen M., van der Plas F., Van Keer J., Verheyen K., Vesterdal L., Allan E., 2020. Tree diversity is key for promoting the diversity and abundance of forest-associated taxa in Europe. *Oikos*, 129 (2020), pp. 133-146, 10.1111/oik.06290

Ascoli, D., Vacchiano, G., Scarpa, C., Arca, B., Barbati, A., Battipaglia, G., ... & Bacciu, V. (2020). Harmonized dataset of surface fuels under Alpine, temperate and Mediterranean conditions in Italy. A synthesis supporting fire management. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 13(6), 513.

Anfodillo T., Carrer M., Simin, F., Popa I., Banavar J.R., Maritan A., 2013. An allometry-based approach for understanding forest structure, predicting tree-size distribution and assessing the degree of disturbance. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1751), 20122375.

Avitabile, V. (2022). Forest biomass map of EU27 for 2020. European Commission, Joint Research Centre (JRC). [Dataset] PID: <http://data.europa.eu/89h/6d2cb333-7a81-4249-af30-18b2a91a8a90>

Basile M., Balestrieri R., de Groot M., Flajšman K., Posillico M., 2016. Conservation of birds as a function of forestry. *Ital J Agron* 11, 42-48, 2016.

Bauhaus, J., Baber, K. and Müller, J., 2019. Dead Wood in Forest Ecosystems. Oxford Bibliographies. Ecology. Oxford Bibliographies. Article. <https://doi.org/10.1093/OBO/9780199830060-0196>

Bütler R., Lachat T., Larrieu L., Paillet Y., 2013. Habitat trees: Key elements for forest biodiversity. Integrative Approaches as an Opportunity for the Conservation of Forest Biodiversity. In: Kraus D., Krumm F. (eds) 2013. Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity. European Forest Institute. 284 pp.

Cardinale B.J., Duffy J.E., Gonzalez A., Hooper D.U., Perrings C., Venail P., Narwani A., Mace G.M., Tilman D., Wardle D., Kinzig A.P., Daily G.C., Loreau M., Grace J.B., Larigauderie A., Srivastava D., Naeem S., 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*. 486. 59-67. 10.1038/nature11148.

Chiari S., Bardiani M., Zauli A., Hardersen S., Mason F., Spada L., Campanaro A., 2013. Monitoring of the saproxylic beetle *Morimus asper* (Sulzer, 1776) (Coleoptera: Cerambycidae) with freshly cut log piles. *J. Insect Conserv.* 17:1255-1265.

De Groot M., Zapponi L., Badano D., Corezzola S., Mason F., 2016. Forest management for invertebrate conservation. *Italian Journal of Agronomy*. 11. 32-37.

Directorate-General for Environment, 2023. Guidelines on Closer-to-Nature Forest Management. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Direttiva Europea "Uccelli" (Direttiva 79/409/CEE). https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/rete_natura_2000/Direttiva_uccelli_2009.pdf

Domènech, R., Piqué, M., Larrañaga, A., Beltrán, M., Castellnou, M. 2018. The role of fire in the conservation of the black pine (*Pinus nigra* Arn.) habitat. Life+ PINASSA project (LIFE13 NAT/ES/000724). 64 p.

Emberger C., Laurrier L., Gonin P., 2016. Dix facteur clés pour la biodiversité des espèces en forêt. Comprendre l'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP). Paris: Institut pour le Développement Forestier, 58 p.

Finney, M.A. (2004). Landscape fire simulation and fuel treatment optimization. In: Hayes, J.L.; Ager, A.A.; Barbour, R.J., tech. eds. Methods for integrating modeling of landscape change: Interior Northwest Landscape Analysis System. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-610. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station: 117-131. Chapter 9.

Finney, M. A. (2006). An Overview of FlamMap Fire Modeling Capabilities. In: Andrews, Patricia L.; Butler, Bret W., comps. 2006. Fuels Management-How to Measure Success: Conference Proceedings. 28-30 March 2006; Portland, OR. Proceedings RMRS-P-41. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. 213-22.

Gittings T., O'Halloran J., Kelly T., Giller PS., 2006. The contribution of open spaces to the maintenance of hoverfly (Diptera, Syrphidae) biodiversity in Irish plantation forests. *Forest Ecol. Manag.* 237:290-300.

Gossner M.M. Lachat T., Brunet J, Isacson G., Bouget C., Brustel H., Brandl R., Weisser W.W., Müller J., 2013. Current Near-to-Nature Forest Management Effects on Functional Trait Composition of Saproxylic Beetles in Beech Forests. *Conservation Biology* 27(3):605–614.

Hardersen S., Toni I., Cornacchia P., Curletti G., Leo P., Nardi G., Penati F., Piattella E., Platia G., 2012. Survey of selected beetle families in a floodplain remnant in northern Italy. *B. Insectol.* 65:199-207.

Hofmeister J., Hošek J., Brabec M., Dvořák D., Beran M., Deckerová H., Burel J., Kříž M., Borovička J., Běťák J., Vašutová M., Malíček J., Palice Z., Syrovátková L., Steinová J., Černajová I., Holá E., Novozámská E., Čížek L., Iarema V., Baltaziuk K., Svoboda T., 2015. Value of old forest attributes related to cryptogam species richness in temperate forests: a quantitative assessment. *Ecol. Indic.*, 57 (2015), pp. 497-504, 10.1016/j.ecolind.2015.05.015

Lachat T., Bouget C., Bütler R., Müller J., 2013. Deadwood: quantitative and qualitative requirements for the conservation of saproxylic biodiversity. In: Kraus D., Krumm F. (eds) 2013. Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity. European Forest Institute. 284 pp.

Lindenmayer D.B. & Laurance W.F., 2016. The ecology, distribution, conservation and management of large old trees. *Biol Rev Camb Philos Soc.* 2017 Aug;92(3):1434-1458. doi: 10.1111/brv.12290. Epub 2016 Jul 7. PMID: 27383287.

Marino, E., Ranz Vega, P.P., Tomé, J.L., Noriega, M.A. 2016. Cartografía de alta resolución de modelos de combustible forestal: metodología de bajo coste basada en datos LIDAR. *Foresta* Nº. 65, págs. 34-43.

Massaiu A., Gaulier A., 1999. Autorésistance des peuplements forestiers au passage de l'incendie, synthèse bibliographique réa

Massaiu, A., Tiger, M. (2022). Guida di selvicoltura per la prevenzione degli incendi boschivi in Corsica. Office National des Forêts. Edizioni Cardère

Micó E., Martínez-Pérez S., Jordán-Núñez J., Galante E., Micó-Vicent B., 2022. On how the abandonment of traditional forest management practices could reduce saproxylic diversity in the Mediterranean Region. *Forest Ecology and Management*, Volume 520. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120402>.

Mollet P., Birrer S., Pasinelli G., 2013. Forest birds and their habitat requirements. In: : Kraus D., Krumm F. (eds) 2013. Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity. European Forest Institute. 284 pp.

Motta R. 2020. Why do we have to increase deadwood in our forests? How much deadwood does the forest need? *Forest - Rivista di Selvicoltura ed Ecologia Forestale*. 17. 92-100. 10.3832/efor3683-017.

Penone C., Allan E., Soliveres S., Felipe-Lucia M.R., Gossner M.M., Seibold S., Simons N.K., Schall P., van der Plas F., Manning P., Manzanedo R.D., Boch S., Prati D., Ammer C., Bauhus J., Buscot F., Ehbrecht M., Goldmann K., Jung K., Müller J., Müller J.C., Pena R., Polle A., Renner S.C., Ruess L., Schonig I., Schrupf M., 16 Solly E.F., Tschapka M., Weisser W.W., Wubet T., Fischer M., 2019. Specialisation and diversity of multiple trophic groups are promoted by different forest features. *Ecol. Lett.*, 22 (2019), pp. 170-180, 10.1111/ele.13182

Piano Specifico di Prevenzione del Pratomagno. <https://www.regione.toscana.it/pratomagno>

Progetto Life Granatha. <https://www.lifegranatha.eu>

Projecte d'infraestructures estratègiques i bàsiques de prevenció d'incendis forestals del PPP T3 Massís de les Muntanyes de Prades-Bosc de Poblet. <https://agricultura.gencat.cat/ca/detalls/Article/Pla-Projecte-dinfraestructures-estrategiques-i-basiques-de-prevencio-dincendis-forestals-del-Perimetre-de-Proteccio-Prioritaria-PPP-T3-massis-de-les-Muntanyes-de-Prades-i-Bosc-de-Poblet>

Pyne, S. J. (1996). Introduction to Wildland Fire. 2nd edn. Wiley.

Puumalainen J., 2001. Structural, compositional and functional aspects of forest biodiversity in Europe. Geneva Timber and Forest Discussion Paper. Geneva, Switzerland.

Renard, K. G. (1997). *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service.

Rothermel, R. C. (1972). A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. Res. Pap. INT-115. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 40 p.

Scott, J. and Burgan, R. (2005). Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report RMRS-GTR-153, 72 pp.

Silva Pedro M., Rammer W., Seidl R., 2015. Tree species diversity mitigates disturbance impacts on the forest carbon cycle. *Oecologia* 177, 619–630. <https://doi.org/10.1007/s00442-014-3150-0>

Simini F., Anfodillo T., Carrer M., Banavar J.R., Maritan A., 2010. Self-similarity and scaling in forest communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(17), 7658-7662.

Valese, E., Conedera, M., Held, A. C., & Ascoli, D. (2014). Fire, humans and landscape in the European Alpine region during the Holocene. *Anthropocene*, 6, 63-74.

6 Allegato A

Bibliografia consultata per l'assegnazione della classe di suscettibilità al fuoco agli habitat presenti nei landscape dei due casi studio (Italiano e Spagnolo), divisa per habitat della Rete Natura 2000 (RN2000). Le classi di suscettibilità al fuoco si distinguono in i) Favorito, ii) Indifferente o iii) Alta a seconda che l'habitat sia favorito (i.e. trae vantaggio dal passaggio dell'incendio), neutrale (i.e. non ottiene né vantaggi né subisce danni significativi con il passaggio dell'incendio) o suscettibile al passaggio del fuoco (i.e. il fuoco diminuisce la sua capacità di resistenza e resilienza rispetto ad altre specie).

ID	Replica	Codice habitat RN2000	Nome habitat RN2000	DOI	Autore	Anno	Ecoregione	Stato	Località	Gestione	Tipo gestione	Combustibili	Classi suscettibilità al fuoco
1	1	4030	Lande secche europee	https://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2012.09.041	Ascoli et al.	2013	Alps conifer and mixed forests	Italia	Piemonte			<i>Calluna vulgaris</i>	Favorito
2	2	4030	Lande secche europee	10.1007/s00035-009-0063-3	Lonati et al.	2009	Alps conifer and mixed forests	Italia	Piemonte			<i>Panicum acuminatum</i> Swartz	Favorito
3	3	4030	Lande secche europee	10.1111/jvs.12100	Velle and Vandvik	2013	Scandinavian coastal conifer forests	Norvegia	340-km latitudinal gradient along the west coast of Norway, from 60.70° N, 5.08° E to 63.79° N, 9.39° E			<i>Calluna vulgaris</i>	Favorito
4		4060	Lande alpine e boreali	10.1111/j.1365-2745.2010.01723.x	Colombanelli et al.	2010	Alps conifer and mixed forests	Svizzera	Lago Gouille Rion			<i>Juniperus nana</i>	Favorito
5		4070	Boscaglia di Pinus mugo e di Rhododendron hirsutum (Mugo-Rhododendron hirsutum)	https://dx.doi.org/10.1016/j.quafore.2014.02.003	Leys et al.	2014	Alps conifer and mixed forests	Italia	Dolomiti, Parco Naturale di Paneveggio, lago di Colcheton inferiore			<i>Pinus mugo</i>	Alta
6		4090	Lande oro-mediterranee endemiche a ginepro spino	https://doi.org/10.3390/plants13040484	Lombardi et al.	2024	Tyrrhenian-Adriatic sclerophyllous and mixed forests	Italia	Sardegna			<i>Astragalus L.</i>	Indifferente
7		5110	Formazioni stabili xeromorfiche a <i>Betula sempervirens</i> sui pendii rocciosi (Berberidion spp.)	https://doi.org/10.1016/j.sciotom.2018.01.227	Catala et al.	2018	Iberian sclerophyllous and semi-deciduous forests	Spagna	Llobera e Madrona, Pirenei			<i>Betula s.</i>	Alta
8		5130	Formazioni a <i>Juniperus communis</i> su lande o prati calcarei	https://doi.org/10.3390/fore6010004	Blanco-Sacristán et al.	2022	Iberian conifer forests	Spagna	Sierra Nevada	SI	Parco naturale	<i>Juniperus communis</i>	Alta
9		5210	Matorral arboreo-cespuglioso di <i>Juniperus</i> spp.	https://doi.org/10.3390/fore6010004	Blanco-Sacristán et al.	2022	Iberian conifer forests	Spagna	Sierra Nevada	SI	Parco naturale	<i>Juniperus communis</i>	Alta
10		6210	Formazioni erbose secche seminaturali e facies coperte da coppi su substrato calcareo (<i>Festuca-Brometalia</i>) (* notevole fioritura di orchidee)	https://dx.doi.org/10.3390/agronomy11010006	Nota et al.	2020	Alps conifer and mixed forests	Italia	Piemonte, Oasi Xerostermiche della Val di Susa-Oriente di Chianocco	SI	ZSC	<i>Specie presenti nelle praterie a Festuca-Brometalia</i>	Indifferente
11		6220	Percorsi substepici di graminacee e piante annue dei <i>Thero-Brachypodietea</i>	10.1111/levs.12418	Villader et al.	2018	Northeast Spain and Southern France Mediterranean forests	Francia	Sud-est Francia	SI	Pascoli	<i>Brachypodium</i> e altre specie del <i>Thero-Brachypodietea</i>	Favorito
12		6410	Praterie con Molinia su terreni calcarei, torbosi o argillosi-limosi (<i>Molinion caeruleae</i>)	10.1016/j.actao.2005.05.008	Brys et al.	2005	European Atlantic mixed forests	Belgio	Kalmthoutse Heide			<i>Molinia caerulea</i>	Favorito
13		7110	Torbiere alte attive	https://doi.org/10.1080/17550874.2017.1394394	Gras-Andrés et al.	2017	Celtic broadleaf forests	Inghilterra	Bracken Moss (Scozia)	SI	Gestita con fuoco prescritto per promuovere pascoli	<i>Sphagnum</i> spp.	Indifferente
14		7120	Torbiere alte degradate ancora suscettibili di rigenerazione naturale	https://doi.org/10.1080/17550874.2017.1394394	Gras-Andrés et al.	2017	Celtic broadleaf forests	Inghilterra	Bracken Moss (Scozia)	SI	Gestita con fuoco prescritto per promuovere pascoli	<i>Sphagnum</i> spp.	Indifferente
15		7140	Torbiere di transizione e instabili	10.1002/ldr.2953	Milligan et al.	2018	Celtic broadleaf forests	Inghilterra	Moor House National Nature Reserve	SI	Riserva naturale	<i>Sphagnum</i> spp. e <i>Eriophorum</i>	Indifferente
16		7210	Paludi calcaree con <i>Cladium mariscus</i> e specie del <i>Caricion davallianae</i>	https://doi.org/10.1007/s10530-022-03163-8	Link et al.	2023	Mid-Atlantic US coastal savannas	USA	Lake Drummond			<i>Phragmites australis</i>	Alta
17		9110	Faggeti del Luzulo-Fagetum	http://dx.doi.org/10.1071/WF15127	Maringer et al.	2016	Alps conifer and mixed forests	Italia/ Svizzera	Piemonte/Ticino			<i>Individui di Fagus sylvatica, strati arbustivi</i>	Alta
18		9130	Faggeti di Asperulo-Fagetum	https://doi.org/10.1007/s10094-021-01425-1	Misic et al.	2024	Dinaric Mountains mixed forests	Serbia	Parco nazionale di Tara	SI	Parco nazionale	<i>Abies alba</i> e <i>Picea abies</i>	Alta
19		9140	Faggeti subalpini dell'Europa centrale con <i>Abies</i> e <i>Picea arbuscula</i>	http://dx.doi.org/10.1071/WF15127	Maringer et al.	2016	Alps conifer and mixed forests	Italia/ Svizzera	Piemonte/Ticino			<i>Individui di Fagus sylvatica, strati arbustivi</i>	Indifferente
20		9150	Faggeti calcicoli dell'Europa centrale del Cophuletum-Fagetum	http://dx.doi.org/10.1071/WF15127	Maringer et al.	2016	Alps conifer and mixed forests	Italia/ Svizzera	Piemonte/Ticino			<i>Individui di Fagus sylvatica, strati arbustivi</i>	Indifferente
21		9160	Querceti di farnia o rovere subatlantici e dell'Europa centrale del Carpinion-betuli	https://doi.org/10.1051/forest/2005112	Reyes et al.	2005	Cantabrian mixed forests	Spagna	Coruna			<i>Quercus Robur</i>	Indifferente
22		91E0	Foreste alluvionali di <i>Alnus glutinosa</i> e <i>Fraxinus excelsior</i> (Alno-palud., Alnion-incanae, Salicion-albae)	http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.11.017	Kaczynski et al.	2015	Colorado Rockies forests	USA, Colorado	Rocky Mountain National Park	SI	Parco nazionale	<i>Salix, Alnus e Betula</i>	Indifferente
23		91H0	Boschi panonici di <i>Quercus pubescens</i>	https://doi.org/10.1093/treephys/tpaa030	Gržar et al.	2020	Pannonian mixed forests	Slovenia	Podgorški Kras	no		<i>Quercus pubescens</i>	Favorito
24		91F0	Foreste miste riparie di grandi fiumi a <i>Quercus robur</i> , <i>Ulmus laevis</i> e <i>Ulmus minor</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> o <i>Fraxinus angustifolia</i> (<i>Ulmion minoris</i>)	http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.11.017	Kaczynski et al.	2015	Colorado Rockies forests	USA, Colorado	Rocky Mountain National Park	SI	Parco nazionale	<i>Salix, Alnus e Betula</i>	Indifferente
25	1	9260	Castagneti	10.1016/j.fbera.2011.07.016	Maringer et al.	2012	Alps conifer and mixed forests	Svizzera	Ticino			<i>Individui di Castanea sativa</i>	Favorito
26	2	9260	Castagneti	10.1016/j.FORECO.2006.08.316	Catry et al.	2006	Alps conifer and mixed forests	Portogallo	30 km from Lisbona	SI	Area protetta	<i>Castanea sativa</i>	Favorito
27		92A0	Foreste a galleria di <i>Salix alba</i> e <i>Populus alba</i>	10.1007/s13157-009-0008-z	Stromberg and Rychen	2009	Alps conifer and mixed forests	USA, Arizona	fiume San Pedro	SI	Parco naturale	<i>Salix, Populus</i>	Indifferente
28		9340	Foreste sclerofille mediterranee	https://doi.org/10.3390/fore6080286	Parra and Hinojosa	2023	Iberian sclerophyllous and semi-deciduous forests	Spagna	Spagna centrale			<i>Individui adulti di Quercus ilex, e lettoria con abbondanti foglie</i>	Favorito
29	1	9410	Foreste acidofile montane e alpine di <i>Picea</i> (<i>Vaccinio-Piceetum</i>)	https://doi.org/10.2307/3232616	Engelmark	1993	Scandinavian and Russian taiga	Svezia	Parco Naturale Reivo	SI	Riserva integrale	<i>Strati erbacee a Vaccinium e alberi di Picea abies</i>	Indifferente
30	2	9410	Foreste acidofile montane e alpine di <i>Picea</i> (<i>Vaccinio-Piceetum</i>)	https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2009.01004.x	de Chantal et al.	2009	Scandinavian and Russian taiga	Finlandia	Finlandia meridionale	SI		<i>Picea abies</i>	Alta
31	1	9420	Foreste di <i>Larix decidua</i> e/o <i>Pinus cembra</i>	10.1111/j.1365-2745.2009.01518.x	Gentiles et al.	2009	Alps conifer and mixed forests	Francia	Maurienne valley	no		<i>Diritti legnosi di Pinus cembra e Larix decidua, e lettoria</i>	Favorito
32	2	9420	Foreste di <i>Larix decidua</i> e/o <i>Pinus cembra</i>	10.1007/s11056-017-9591-7	Moris et al.	2017	Alps conifer and mixed forests	Italia	se French department of Hautes-Alpes	no		<i>Montane and subalpine forests are dominated by Fagus sylvatica, Pinus sylvestris, Abies alba, Picea abies and Larix decidua, and to a lesser extent by Pinus uncinata, Pinus cembra and broadleaved species</i>	Favorito
33	3	9420	Foreste di <i>Larix decidua</i> e/o <i>Pinus cembra</i>	https://doi.org/10.1890/07-1740.1	Gentiles et al.	2009	Alps conifer and mixed forests	Francia	Savoy, central French Alps			<i>Pinus cembra, P. uncinata, Larix decidua, and Picea abies, with understorey vegetation of Juniperus sibirica, Lonicera caerulea, Vaccinium spp., and Rhododendron ferrugineum</i>	Alta
34		9540	Pinete mediterranee di pini mesogei endemici	doi:10.1016/j.actao.2006.05.010	Bunk et al.	2006	Iberian sclerophyllous and semi-deciduous forests	Spagna	Murcia, Sierra de Ricote	no	Area non utilizzata a scopi selvicolturali o pascolata da 20 anni	<i>Pinus halepensis</i> e altri pini mediterranei	Favorito