

IMPLEMENTAZIONE DELLE AZIONI DEI SITI PILOTA NEL COMUNE DI DUINO-AURISINA

D2.2.1

KARST FIREWALL 5.0

**Adattamento innovativo al cambiamento climatico basato sugli ecosistemi nella regione del Carso.
Promuovere una silvicoltura resistente agli incendi con il supporto di Industria 5.0**

**Inovativno ekosistemsko-zasnovano prilagajanje podnebnim spremembam na Krasu. Spodbujanje požarno
odporne gmajne s podporo industrije 5.0**

DELIVERABLE INFORMAZIONI / INFORMACIJE

Acronimo del progetto / Akronim projekta:	KARST FIREWALL 5.0
Titolo del progetto / Naslov projekta:	Adattamento innovativo al cambiamento climatico basato sugli ecosistemi nella regione del Carso. Promuovere una silvicoltura resistente agli incendi con il supporto di Industria 5.0 Inovativno ekosistemsko-zasnovano prilagajanje podnebnim spremembam na Krasu. Spodbujanje požarno odporne gmajne s podporo industrije 5.0
Area prioritaria / Prednostno področje:	Un'Europa più verde e a basse emissioni di carbonio, che si muove verso un'economia a zero emissioni di carbonio e resiliente Bolj zelena, nizkoogljikna Evropa, ki prehaja na gospodarstvo z ničelno stopnjo neto emisij ogljika in je odporna
Obiettivo specifico del programma / Specifični cilj programa:	SO4: Promuovere l'adattamento ai cambiamenti climatici e la prevenzione del rischio di catastrofi e la resilienza, tenendo conto degli approcci ecosistemici. SO4: Spodbujanje prilagajanja podnebnim spremembam in preprečevanja tveganja nesreč ter odpornosti ob upoštevanju ekosistemskih pristopov
URL del sito web del progetto / URL spletne strani projekta:	www.ita-slo.eu/karst-firewall-50
Numero del documento / Številka dokumenta:	KFW50-D221
Titolo del documento / Naslov dokumenta:	IMPLEMENTAZIONE DELLE AZIONI DEI SITI PILOTA NEL COMUNE DI DUINO-AURISINA
Work Package:	WP 2
Attività / Aktivnost:	2.2
Partner responsabili (autori) / Odgovorni partnerji (avtorji):	IUAV Università di Venezia (Granceri Bradaschia M., Morassutti G.)
Partner coinvolti / Sodelujoči partnerji:	
Luogo e data di pubblicazione / Kraj in datum objave:	Trieste, 30/03/2026

0 Indice

0 Indice	3
1 INTRODUZIONE	3
1.1 CONTESTO	3
1.2 IL RISCHIO INCENDIO NEL COMUNE DI DUINO AURISINA	5
1.3 L'AREA NATURA 2000	8
1.4 SCOPO DELL'INTERVENTO	10
2 LE MISURE DI ADATTAMENTO	13
2.1 RIMOZIONE SELETTIVA SPECIE AD ALTO RISCHIO INCENDIO	13
2.2 L'UTILIZZO DI SENSORI ELETTRONICI	14
2.3 IL MONITORAGGIO CON DRONI	15
2.4 RIATTIVAZIONE DELLA LANDA CARSICA	16
3 L'AREA DI IMPLEMENTAZIONE	18
4 IL PROGETTO	21
4.1 PROSSIMI PASSI E MONITORAGGIO DEL PROGETTO	24
5 RIFERIMENTI	25

1 INTRODUZIONE

1.1 CONTESTO

Il cambiamento climatico in atto sta profondamente alterando il regime degli incendi boschivi nell'intera regione mediterranea e nelle aree contigue. L'innalzamento delle temperature medie, il prolungamento dei periodi di siccità, la maggiore frequenza delle ondate di calore e la variabilità delle precipitazioni creano condizioni sempre più favorevoli all'innesco e alla propagazione degli incendi (Granceri Bradaschia, et al., 2025).

Nella regione del Carso questi fenomeni si sovrappongono a caratteristiche ecosistemiche peculiari che amplificano la suscettibilità al fuoco. L'altopiano calcareo, caratterizzato da suoli sottili e roccia affiorante, ospita una vegetazione di transizione in rapida evoluzione: dalla landa aperta tradizionalmente mantenuta dal pascolo, oggi in larga parte abbandonata, si è passati a formazioni arbustive e forestali dominate da roverella (*Quercus pubescens*), carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) e, in particolare, da estese piantagioni di pino nero (*Pinus nigra*) realizzate nel corso del XIX e del XX secolo nell'ambito di programmi di rimboschimento. Queste conifere non autoctone, altamente infiammabili, costituiscono oggi uno dei principali fattori di vulnerabilità dell'ecosistema carsico rispetto al rischio incendi.

A questo si aggiunge la pressione antropica derivante dalla fitta rete infrastrutturale che percorre il territorio: strade, ferrovie, insediamenti e aree periurbane rappresentano potenziali fonti di innesco che, in condizioni meteorologiche favorevoli, possono dare origine a eventi di straordinaria intensità. L'analisi dei dati storici relativi agli incendi nell'area di studio evidenzia una forte correlazione tra la prossimità alle infrastrutture di trasporto e la localizzazione dei punti di innesco: il 67,4% degli incendi registrati si è verificato entro 50 metri dalla rete stradale, confermando il ruolo preponderante dei fattori antropici rispetto a quelli naturali (Granceri Bradaschia, et al., 2025).

Il progetto Karst Firewall 5.0, co-finanziato dall'Unione Europea nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia, risponde in modo diretto alle sfide descritte, proponendo un modello innovativo di adattamento ecosistemico al cambiamento climatico applicato alla regione del Carso. Il progetto è costruito attorno a un principio fondamentale: la riduzione del rischio di incendi boschivi non può essere perseguita in

modo efficace entro i confini nazionali di un singolo paese, ma richiede una cooperazione strutturata e continua tra tutti gli attori coinvolti, dai livelli operativi fino alle decisioni di governance territoriale.

In parallelo alle attività di analisi su scala territoriale, il progetto Karst Firewall 5.0 ha avviato in collaborazione con il Comune di Miren-Kostanjevica la sperimentazione di misure di adattamento ecosistemico a scala locale, come il pascolo sulla landa carsica.

1.2 IL RISCHIO INCENDIO NEL COMUNE DI DUINO AURISINA

Il Work Package 1 del progetto ha prodotto una serie articolata di analisi e strumenti conoscitivi che costituiscono il riferimento scientifico per le successive fasi di pianificazione. Il cuore di questa attività è rappresentato dalla valutazione integrata del rischio di incendi boschivi, condotta attraverso due approcci metodologici complementari: la modellazione di Massima Entropia (MaxEnt) per la valutazione del pericolo di innesco, e l'Analisi Decisionale Multi-criteriale con metodo AHP per la mappatura della vulnerabilità del territorio.

L'analisi del pericolo ha prodotto carte spazialmente esplicite che identificano, con un buon grado di affidabilità statistica, le aree in cui la probabilità storica di innesco degli incendi è maggiore, sulla base di variabili antropiche, ambientali, climatiche e topografiche.

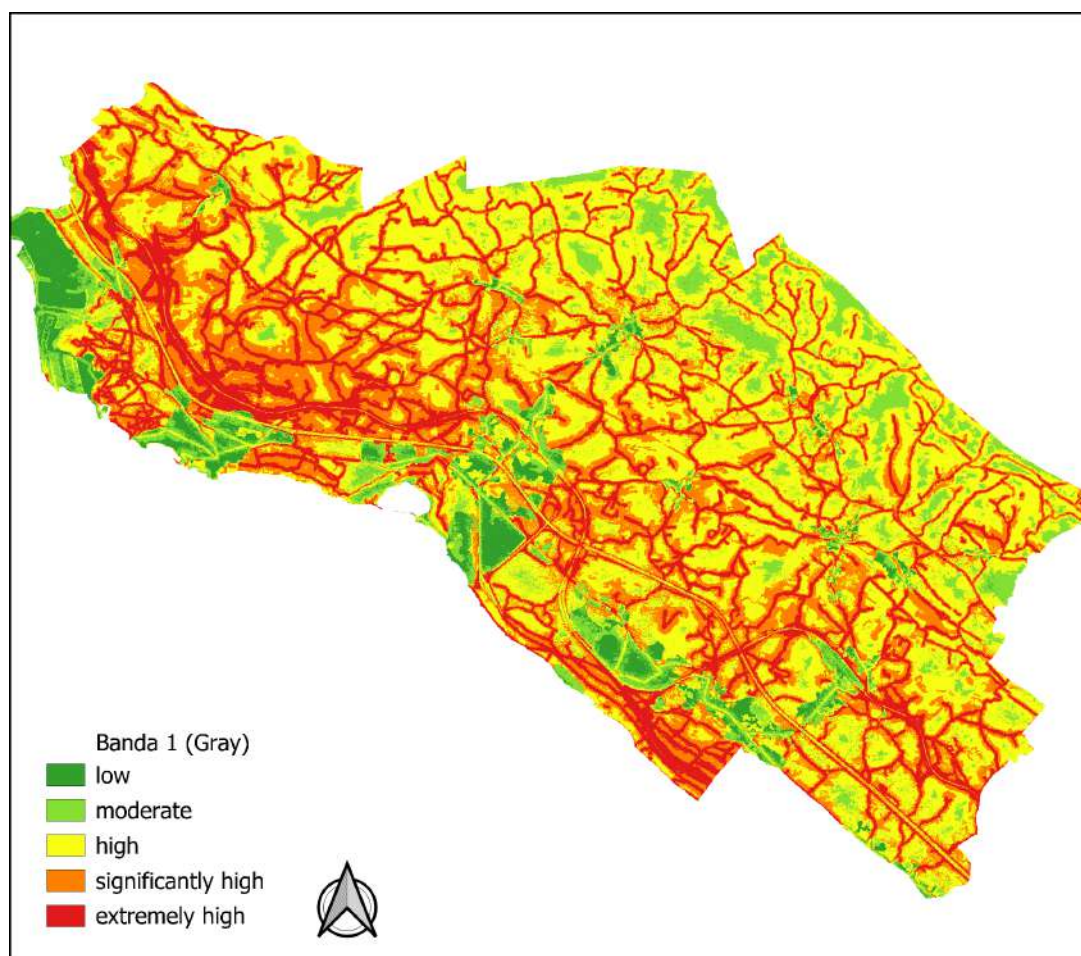


Figura 1 Il pericolo di incendio nel comune di Duino-Aurisina

Parallelamente, l'analisi della vulnerabilità ha mappato la predisposizione strutturale del territorio agli incendi, indipendentemente dalla storia degli eventi passati, identificando il 93% dell'area di studio come caratterizzata da vulnerabilità significativamente o estremamente elevata. Entrambe le analisi sono state elaborate sia nelle condizioni climatiche attuali che nelle proiezioni future (2011-2040), offrendo una prospettiva dinamica essenziale per la pianificazione adattiva di lungo periodo.

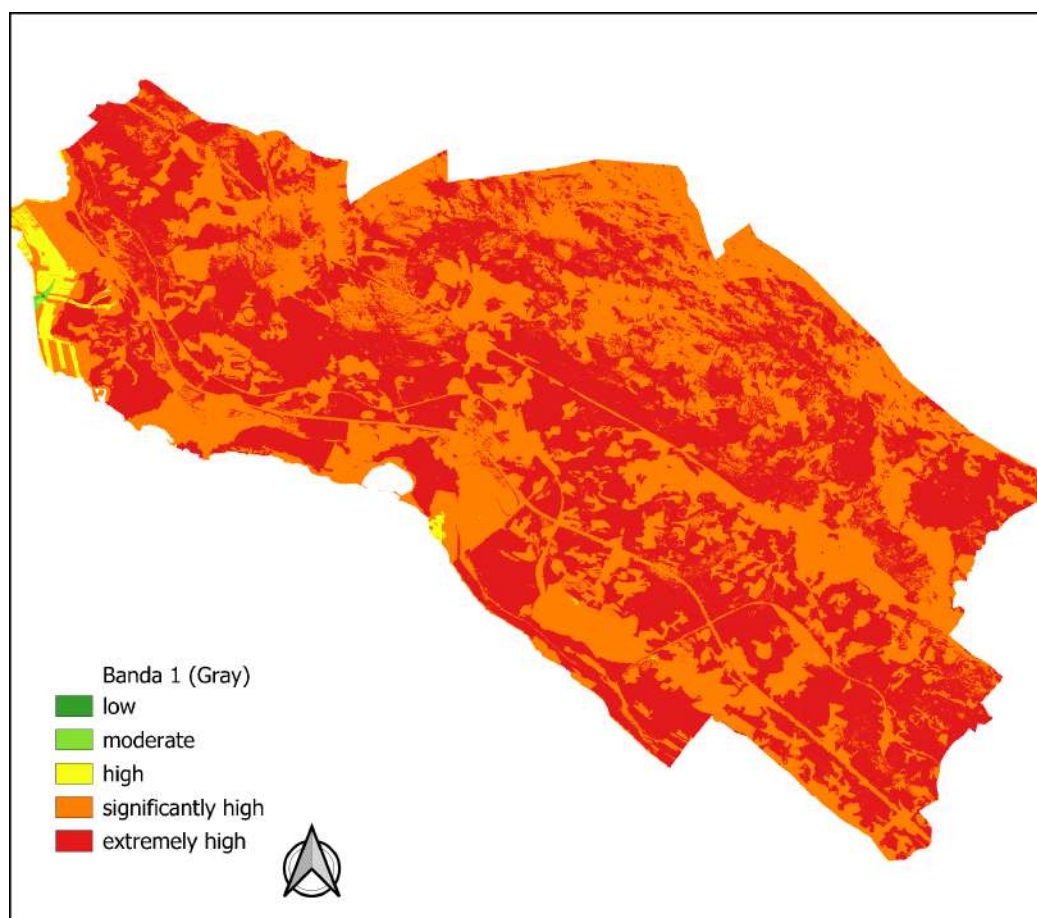


Figura 2 La vulnerabilità agli incendi nel comune di Duino-Aurisina

A queste analisi si affiancano una valutazione dettagliata dei cambiamenti climatici attesi nella regione e un abaco delle misure di mitigazione del rischio, strumento operativo che raccoglie e sistematizza le principali tipologie di intervento — selvicolturali, infrastrutturali, gestionali e di governance — applicabili al contesto carsico. Il progetto ha inoltre sviluppato un portale web dedicato al monitoraggio del rischio incendi, che integra in modo accessibile le informazioni scientifiche prodotte e le rende disponibili agli operatori del settore, ai decisori pubblici e alla comunità in senso più ampio.

1.3 L'AREA NATURA 2000

il territorio di Duino Aurisina è interessato da una sovrapposizione di tutele: la ZSC IT3340006 (Carso triestino e goriziano) e la ZPS IT3341002 (Aree carsiche della Venezia Giulia), la Riserva Naturale Regionale delle Falesie di Duino (istituita nel 1996), e l'IBA Carso riconosciuta da BirdLife International, con le misure di conservazione sito-specifiche più recenti in vigore dal 2020.

L'area del Carso triestino e goriziano è stata designata come sito della rete Natura 2000 in diverse fasi successive. Il SIC attuale è stato designato con deliberazione della giunta regionale n. 228 del 2006, mentre la perimetrazione della ZPS è stata individuata con deliberazione della giunta regionale n. 217 del 2007, comprendente l'area più vasta della ZPS IT3341002 (Aree carsiche della Venezia Giulia). Dall'8 novembre 2013 il sito è stato designato ZSC (Zona Speciale di Conservazione).

Il sito contiene diverse tipologie meritevoli di tutela e conservazione: lande carsiche, zone umide (laghi carsici, stagni), rupi e ghiaioni, grotte, frammenti della vegetazione (sub)mediterranea extrazonale, tavolati calcarei, corsi d'acqua (corso terminale del fiume Timavo, torrente Rosandra), e la zona alofila nell'area del Lisert.

Sono in vigore dall'8 agosto 2024 le Misure di conservazione specifiche (MCS) approvate (DGR n. 1149/2024). Il sito è relazionato con la Riserva Naturale Regionale delle Falesie di Duino, la Riserva Naturale Regionale dei Laghi di Doberdò, quella del Monte Lanaro, del Monte Orsario e della Val Rosandra; la ZSC è totalmente ricompresa nella ZPS IT3341002 "Aree carsiche della Venezia Giulia".

Il processo partecipativo per la costruzione del piano di gestione del Carso si è svolto fino al 2011 con un apposito portale dedicato (carsonatura2000.it), e le attuali misure di conservazione specifiche (MCS) in vigore dal 2020 rappresentano lo strumento di gestione vigente in sostituzione di un piano di gestione formale approvato.



Figura 3 I siti Natura 2000 nel Comune di Duino-Aurisina

La Riserva Naturale Regionale delle Falesie di Duino è stata istituita con la Legge Regionale 30.09.1996 n. 42 ed è gestita dal Comune di Duino Aurisina. Comprende un'alta e ripida falesia calcarea, una porzione ristretta dell'altopiano carsico e la fascia di

mare antistante per una superficie complessiva di 107 ettari. Rappresenta l'unica stazione mondiale dell'endemica *Centaurea kartschiana* e l'unico esempio di scogliera alta della costa adriatica settentrionale italiana.

1.4 SCOPO DELL'INTERVENTO

Il piano di azione elaborato nell'ambito del progetto Karst Firewall 5.0 traduce le analisi di rischio prodotte nella fase conoscitiva in interventi concreti e integrati, pensati per agire su più livelli contemporaneamente: la riduzione del combustibile disponibile, il monitoraggio in tempo reale delle condizioni del territorio e l'attivazione della landa carsica. Le tre azioni descritte nel presente documento rispondono a esigenze distinte ma strettamente interconnesse, e insieme compongono un approccio adattivo alla gestione del rischio che può costituire un modello replicabile in altri contesti della regione carsica.

Il primo intervento riguarda il taglio selettivo degli alberi danneggiati dall'incendio del 2022. La grande estensione del fronte percorso dal fuoco ha lasciato sul territorio una quantità significativa di alberi morti in piedi o gravemente compromessi, in particolare nelle piantagioni di pino nero. Questa biomassa secca rappresenta non soltanto un fattore di rischio immediato — aumentando il carico di combustibile disponibile in caso di nuovo evento — ma costituisce anche un ostacolo alla naturale rigenerazione del bosco. L'intervento di taglio selettivo persegue dunque una doppia finalità: ridurre il rischio di un incendio di ritorno particolarmente intenso e creare le condizioni ecologiche favorevoli all'insediamento di specie autoctone più resilienti al fuoco, in linea con gli obiettivi di lungo periodo di conversione verso formazioni forestali miste e strutturalmente più stabili.

Il secondo intervento prevede l'installazione di una rete di sensori per il monitoraggio in continuo della presenza di fumo da incendio. Il rilevamento precoce di un evento è uno dei fattori più critici nell'efficacia della risposta operativa: ogni minuto che intercorre tra l'innescio e l'allerta ai corpi antincendio può tradursi in ettari di vegetazione percorsi dal fuoco in più. I sensori, distribuiti in punti strategici del territorio in funzione della topografia e dei pattern di vento prevalenti, consentono di superare i limiti della sorveglianza visiva tradizionale — spesso discontinua e dipendente dalla disponibilità di personale — integrando la rete di allerta con un sistema automatizzato attivo in tutte le ore del giorno e della notte. I dati raccolti vengono convogliati nel portale web di monitoraggio del rischio sviluppato nell'ambito del progetto, garantendo la disponibilità delle informazioni in tempo reale tanto agli operatori locali quanto alle autorità competenti sui due lati del confine.

È inoltre previsto il monitoraggio del bosco tramite drone. I rilievi fotogrammetrici aerei con velivoli a pilotaggio remoto consentono di acquisire, con cadenza periodica, immagini ad alta risoluzione dell'intera area oggetto del piano, restituendo una documentazione precisa e aggiornata dello stato della copertura vegetale. Questa attività ha una duplice valenza: da un lato, permette di valutare nel tempo l'evoluzione della rigenerazione post-incendio e l'efficacia degli interventi selvicolturali.

Il taglio selettivo degli alberi danneggiati dall'incendio del 2022 e la rimozione del sottobosco accumulato nelle aree percorse dal fuoco non rispondono soltanto a un'esigenza immediata di riduzione del carico di combustibile: si inscrivono in una strategia più ampia di ripristino della resilienza ecosistemica che trova esplicito riconoscimento nel quadro normativo europeo. La *Guidance on Natura 2000 and climate*

change pubblicata dalla Commissione Europea nel marzo 2026 (European Commission, 2026,) individua nella gestione proattiva post-disturbo una delle misure prioritarie per rafforzare la capacità adattiva dei siti della rete Natura 2000 di fronte all'intensificarsi degli eventi climatici estremi. Il documento sottolinea come le misure di conservazione nei siti Natura 2000 debbano essere orientate al rafforzamento della resilienza degli ecosistemi attraverso la riduzione delle pressioni esistenti e il ripristino degli habitat degradati, indicando esplicitamente la gestione degli incendi boschivi — inclusi gli interventi post-incendio — tra le misure di adattamento applicabili a scala di sito.

In questo quadro, il controllo della vegetazione arbustiva invasiva e la rimozione del materiale legnoso morto nelle aree percorse dal fuoco sono riconosciuti come interventi funzionali non solo alla prevenzione di nuovi eventi, ma anche al mantenimento e alla rigenerazione degli habitat seminaturali aperti come lo sono i prati stabili. Nel contesto carsico, dove la landa carsica — habitat di elevato valore ecologico tutelato dalla Direttiva Habitat — è minacciata dall'avanzamento della vegetazione forestale favorito proprio dal progressivo abbandono delle pratiche tradizionali di gestione, l'intervento di taglio selettivo assume dunque una duplice valenza: da un lato riduce concretamente il rischio di un incendio di ritorno di elevata intensità, dall'altro crea le condizioni necessarie al mantenimento e alla graduale espansione delle superfici a prato, in linea con gli obiettivi di conservazione previsti dalla rete Natura 2000 e con le indicazioni della stessa Guidance europea.

2 LE MISURE DI ADATTAMENTO

2.1 RIMOZIONE SELETTIVA SPECIE AD ALTO RISCHIO INCENDIO

La combustibilità del paesaggio dipende dalla quantità, continuità e tipo di combustibile vegetale. Rimuovendo specie che producono grandi quantità di materiale secco, aghi resiniferi o che favoriscono la continuità verticale, si riduce la probabilità che un fuoco superficiale si trasformi in un incendio di chioma ad alta intensità. La rimozione selettiva è quindi un intervento di gestione forestale che consiste nell'identificare e rimuovere (o ridurre in modo significativo) individui o popolazioni di specie arboree che, per caratteristiche biologiche o strutturali, aumentano il rischio e l'intensità degli incendi in un'area. Lo scopo non è eliminare la copertura arborea, ma modificarne la composizione e la struttura verso comunità vegetali meno infiammabili e più diradate. Sul Carso alcune specie, come ad esempio il pino nero (*Pinus nigra*) e lo scotano (*Cotinus Coggygria*) oltre a soffrire durante gli eventi di siccità estrema e prolungata, sono anche altamente vulnerabili di fronte agli incendi. Tali alberi indeboliti accumulano rami secchi e resinosi che aumentano l'infiammabilità e la probabilità di propagazione dell'incendio alla chioma. Nel Carso, la combinazione di suoli sottili e caldo estremo accentua questi rischi, rendendo il pino nero sia vittima sia fattore di maggiore rischio incendio nelle pinete degradate (Savi et al., 2019). La rimozione può avvenire tramite taglio selettivo, diradamento, o sostituzione con specie meno combustibili, spesso integrata con altri interventi (prescrizioni di fuoco, pascolo, rimboschimenti mirati).

2.2 L'UTILIZZO DI SENSORI ELETTRONICI

In un'area vulnerabile come il Carso, l'adozione di reti di sensori intelligenti per la rilevazione precoce degli incendi può rappresentare un salto di qualità nella prevenzione del rischio incendio. I sensori IoT, disposti su pali o su alberi lungo pendii e crinali, possono segnalare la presenza di un incendio fin dalle fasi di combustione senza fiamma, rilevando nell'aria la presenza di gas caratteristici della combustione e della pirolisi, nella fattispecie:

- Monossido di carbonio (CO);
- Anidride carbonica (CO₂);
- Idrogeno (H₂);
- Composti Organici Volatili (VOC);
- Gas e vapori derivati da pirolisi / decomposizione del combustibile;
- Variazioni locali di umidità e temperatura.

I sensori dovrebbero essere preferibilmente installati ad almeno 2-3 metri d'altezza per evitare danni da fuoco vicino al suolo, umidità e animali. In mancanza di fonti energetiche stabili possono venire alimentati da pannelli solari. Gli intervalli tra sensori dovrebbero essere tali da coprire le aree ad alto rischio, riducendo però il numero totale per contenere il costo e la manutenzione. Rispetto ad altre forme di rilevamento, come ad esempio i satelliti, i sensori hanno il vantaggio di poter abbattere il tempo di allerta, ma il loro alto costo di installazione e manutenzione ne rende difficile l'applicazione in ampi contesti territoriali. Inoltre, sono frequenti i falsi allarmi, dovuti ad esempio a variazioni climatiche improvvise o a fumo proveniente da attività agricole. Studi recenti hanno

dimostrato che i modelli dotati di software assistiti dall'IA sono maggiormente capaci di rilevare incendi in tempi più brevi (De Rango et al., 2025).

2.3 IL MONITORAGGIO CON DRONI

Il monitoraggio con videocamere su droni, è una delle forme più dirette ed efficaci di rilevamento precoce degli incendi. Mentre le telecamere fisse possono essere installate su torri, pali o edifici lungo il confine boschivo o presso aree WUI per sorveglianza continua, i droni forniscono flessibilità e mobilità per pattugliamenti periodici, soprattutto in zone remote o di difficile accesso. Le immagini ottenute (visibili, RGB; talvolta infrarosse) vengono analizzate con algoritmi di visione artificiale (deep learning, reti neurali, trasformatori) per riconoscere fumo, variazioni cromatiche, scintille, o modelli temporali di fumo nascosto. I rilievi consentono inoltre di identificare precocemente situazioni di stress idrico, seccume diffuso o accumulo anomalo di biomassa secca che potrebbero aumentare la suscettibilità al fuoco di determinate porzioni del territorio. Il monitoraggio con drone si configura così come uno strumento di supporto alla decisione, capace di orientare in modo mirato e basato su dati le future scelte gestionali

Uno studio recente ha rilevato che un modello di rilevamento usando telecamere visibili raggiunge un tasso di rilevazione vero-positivo dell'80,4 % con un tasso di falsi positivi molto basso ($\approx 1,13$ %) su un grande set di immagini contenenti pennacchi di fumo (Fernandes et al., 2023). I droni equipaggiati con fotocamere omnidirezionali o fisheye (angolo di visione ampio) permettono di coprire aree maggiori con meno punti di osservazione fissi, stimando la posizione del focolaio tramite coordinamento GPS dei filmati e inviando allarmi automatici via reti IoT. Limiti: visibilità compromessa (fumo, nebbia, notte o maltempo), consumo energetico, necessità di manutenzione e aggiornamento dei modelli di IA per ridurre falsi

allarmi; inoltre, il monitoraggio con i droni richiede investimenti non solo nell'hardware ma anche nell'infrastruttura dati e nelle procedure operative. È inoltre obbligatoria la presenza di personale formato per l'utilizzo e dotarsi di patenti di volo.

2.4 RIATTIVAZIONE DELLA LANDA CARSICA

Il mantenimento della landa carsica rappresenta una delle misure più efficaci per prevenire la propagazione rapida degli incendi boschivi e al contempo conservare un patrimonio ecologico e culturale di grande valore. Negli ultimi decenni, l'abbandono delle pratiche agro-pastorali tradizionali ha favorito l'avanzata di arbusti e giovani piante legnose che aumentano la continuità dei combustibili, trasformando progressivamente la landa aperta in boscaglia più infiammabile (Eler K. Et al., 2013). La pastorizia mirata è una tecnica di gestione che sfrutta gli animali da pascolo per contenere la ricrescita vegetale, mantenendo l'habitat aperto e creando discontinuità orizzontali e verticali del combustibile. Questa pratica non solo abbassa il rischio di incendi intensi ma preserva la biodiversità caratteristica delle praterie carsiche, molte delle quali ospitano specie floristiche rare e insetti specialisti.

Poiché il pascolo estensivo tradizionale è oggi poco redditizio, la sua applicazione come strumento di prevenzione incendi richiede un sostegno pubblico strutturale. Sovvenzioni attraverso i Programmi di Sviluppo Rurale (PSR) o misure agro-ambientali possono remunerare gli allevatori per il servizio ecosistemico offerto, garantendo continuità e qualità nella gestione. Senza un finanziamento stabile, le superfici trattate sono troppo limitate per incidere sul rischio incendi a scala di paesaggio.

Gli studi scientifici confermano questi benefici: in contesti mediterranei il pascolo mirato riduce significativamente la biomassa del sottobosco e ritarda la ricolonizzazione arbustiva, aumentando la resilienza al fuoco (Spadoni et al., 2023). In Spagna e nel sud della Francia la

reintroduzione del pascolo estensivo in aree abbandonate ha mostrato effetti positivi sia sulla biodiversità prativa che sulla riduzione del rischio incendi (Lasanta et al., 2020; Ruiz-Mirazo et al., 2011).

L'approccio deve essere adattivo, monitorando nel tempo gli effetti sulla vegetazione e sul rischio incendi e aggiustando carichi e tempi di pascolamento. Così concepita, la pastorizia mirata diventa un investimento pubblico strategico, non un costo, perché fornisce un servizio ecosistemico di prevenzione incendi, preserva un paesaggio culturale unico e sostiene attività economiche locali a rischio di estinzione. L'intervento di rimozione fisica della vegetazione arbustiva — mediante decespugliamento meccanico o taglio manuale — rappresenta l'alternativa praticabile al pascolo estensivo per contrastare l'incespugliamento e mantenere aperto l'habitat della landa carsica, garantendo la discontinuità del combustibile e preservando le condizioni ecologiche favorevoli alla biodiversità delle praterie calcaree.

3 L'AREA DI IMPLEMENTAZIONE

L'area si trova nel Comune di Duino Aurisina (provincia di Trieste), poco a nord del Dosso Giulio, compresa tra la SS 55 a valle e il confine di stato Italia-Slovenia. L'area oggetto di intervento è catastalmente censita nel comune censuario di Medeazza, Sezione D, foglio 1, mappale 48/116. L'area, una porzione della suddetta particella, ha la superficie di 9,0 ettari di con una lunghezza di circa 420 metri e una larghezza di circa 200 metri. La quota media è di circa 110 m s.l.m.m., con un massimo di 137 m e un minimo di 78 m. L'area è attraversata longitudinalmente da tre elettrodotti aerei con i relativi piloni e tralicci, ed è inoltre interessata da tracciati di vecchie trincee risalenti alla Prima Guerra Mondiale.

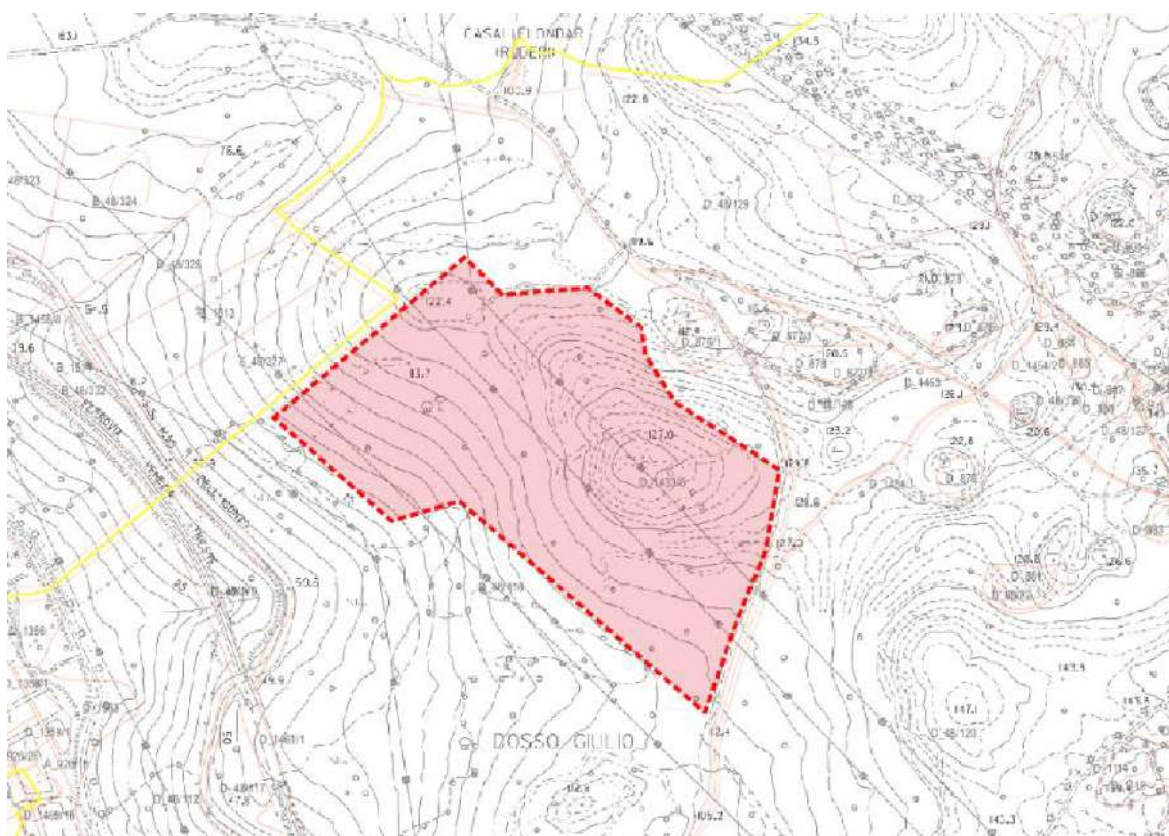


Figura 4 L'area di intervento su sfondo carta tecnica regionale 1:5000



Figura 5 Veduta aerea dell'area di intervento

Secondo la variante n° 27 del PRGC del Comune di Duino-Aurisina (approvata in data 3 settembre 2014 con DGC n° 115) l'intera area è zonizzata come E3 - aree Agricole di connessione biologica e funzionale del sistema naturalistico. Le relative norme tecniche di attuazione vi promuovono interventi di miglioramento boschivo e agroambientale (art. 1.1.1.2.), salvo restando gli obiettivi di tutela delle aree protette.

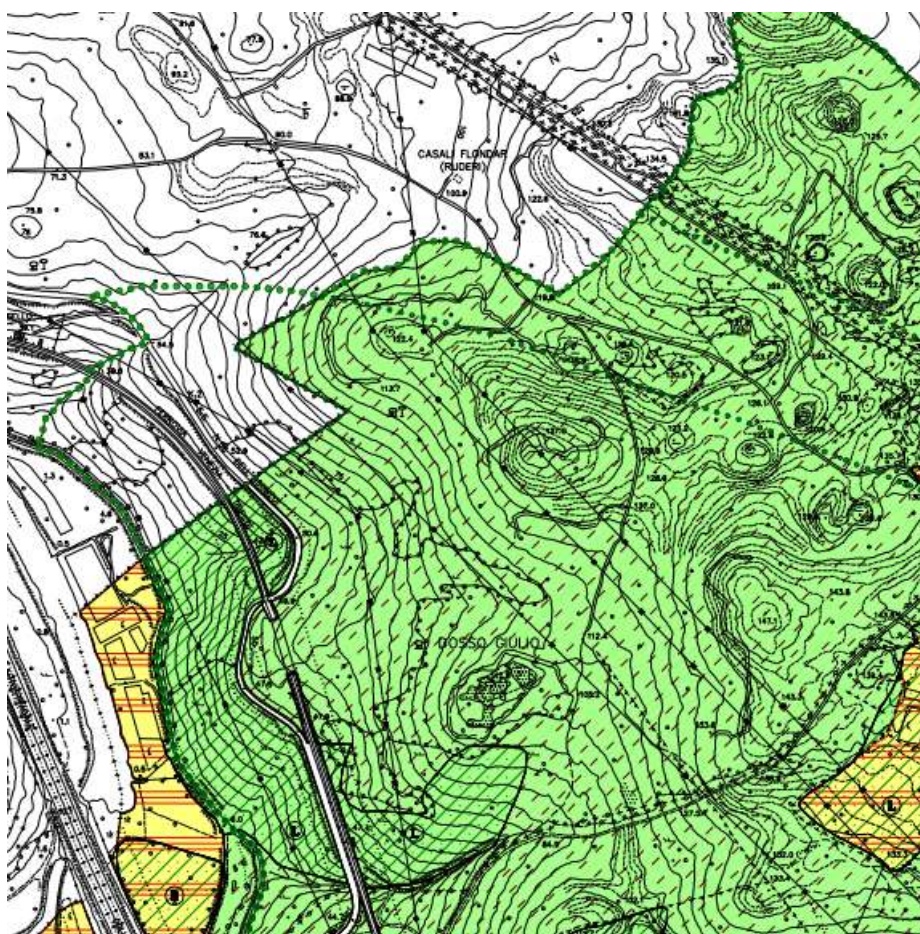


Figura 6 Stralcio del PRGC del Comune di Duino-Aurisina, variante n° 27

Dal punto di vista naturalistico, il sito ricade all'interno della ZSC Carso Triestino e Goriziano, inclusa nella ZPS Aree Carsiche della Venezia Giulia. L'area non interessa habitat di interesse comunitario, ma è classificata nell'Habitat FVG "Aree percorse da incendi da meno di 5 anni" (codice OB8), a seguito dell'incendio boschivo dell'estate 2022. Questo aspetto rende l'intervento di recupero forestale perseguibile senza particolari vincoli aggiuntivi di valutazione di incidenza.

4 IL PROGETTO

L'intervento, patrocinato dal Comune di Duino-Aurisina in qualità di partner del progetto Karst Firewall, ad esso delegato dal privato proprietario della particella, consiste nella rimozione della vegetazione arborea morta e combusta in conseguenza dell'incendio boschivo che ha interessato il territorio carsico nell'estate del 2022, con la finalità di favorire i processi di ricostituzione ed evoluzione naturale del soprassuolo forestale e, al contempo, di incrementare e migliorare le condizioni di prevenzione e gestione del rischio di incendio boschivo.

L'asportazione del materiale legnoso morto e bruciato è infatti finalizzata a ridurre il carico di combustibile residuo, a migliorare l'accessibilità operativa e a consentire un più efficace controllo delle future attività di gestione e sorveglianza dell'area.

Il taglio interesserà il bosco in avviamento all'alto fusto per una superficie di circa 9 ha come per una massa ricavabile di circa 270 m³ (30 m³/ha). Verranno rilasciati dal taglio tutti gli alberi non danneggiati dall'incendio del 2022, avendo cura di non danneggiare la rinnovazione, le piante rimanenti ed il soprassuolo in generale.

In considerazione delle peculiari caratteristiche stagionali del contesto carsico, contraddistinto da suoli superficiali, discontinui e spesso costituiti da matrice terroso-rocciosa, nonché della presenza di rinnovazione naturale e di vegetazione arborea e arbustiva di interesse ecologico, l'intervento dovrà essere condotto con criteri di massima cautela. In particolare, dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti necessari per evitare il danneggiamento del suolo, la compromissione della rinnovazione

in atto e l'alterazione degli equilibri ecologici locali, anche al fine di non favorire l'insediamento e la diffusione di specie esotiche invasive, quali in particolare *Ailanthus altissima*.

Dal punto di vista operativo, l'esecuzione dell'intervento potrà essere organizzata mediante l'impiego di due squadre distinte: una destinata alle operazioni di taglio e allestimento, comprensive di sramatura e depezzamento delle piante morte, sia schiantate sia ancora in piedi, e una seconda dedicata alle operazioni di concentramento ed esbosco del materiale legnoso. Ciascuna squadra potrà essere composta da due operatori, per un totale di circa quattro addetti contemporaneamente presenti in cantiere.

Sotto il profilo tecnico, l'intervento consiste sostanzialmente nella rimozione del legno morto e bruciato presente nell'area percorsa dall'incendio. Tale materiale, a seguito dell'azione del fuoco, presenta caratteristiche fisico-meccaniche profondamente alterate rispetto al legno vivo, assumendo spesso una struttura carbonizzata, fragile e instabile. Questa condizione rende le operazioni di abbattimento, allestimento ed esbosco particolarmente delicate, complesse e più onerose in termini di tempo e sicurezza operativa. A ciò si aggiunge la necessità di preservare integralmente la vegetazione viva presente e di evitare qualsiasi forma di alterazione o danneggiamento del suolo forestale.

Particolare attenzione dovrà inoltre essere posta agli aspetti di sicurezza connessi alla presenza di residui carboniosi. Il carbone vegetale derivante dalla combustione delle piante oggetto di intervento può infatti presentare elevata friabilità e polverosità; conseguentemente, il personale operatore dovrà essere dotato di idonei dispositivi di

protezione individuale, comprensivi almeno di guanti antitaglio idonei, pantaloni antitaglio, occhiali protettivi e, ove necessario in funzione delle condizioni operative, dispositivi di protezione delle vie respiratorie contro le polveri fini.

Per quanto concerne l'accessibilità e le operazioni di esbosco, dovranno essere impiegati esclusivamente mezzi a basso impatto sul suolo, gommati, quali trattori forestali equipaggiati in modo idoneo o altri mezzi assimilabili dotati di sistemi di trazione che non comportino disturbo/alterazione del suolo e agli orizzonti superficiali. Non dovranno in alcun modo essere eseguiti movimenti di terra, neppure di modesta entità, al fine di evitare alterazioni della copertura superficiale, fenomeni erosivi e condizioni favorevoli all'insediamento di specie vegetali invasive o alloctone.

Ulteriore elemento di attenzione è rappresentato dalla presenza di linee elettriche aeree e dei relativi sostegni; durante tutte le fasi di lavorazione dovranno pertanto essere rigorosamente rispettate le distanze di sicurezza previste dalla normativa vigente, ponendo particolare cautela nelle operazioni in prossimità di piloni e tralicci.

In fase di avvio dell'intervento potrà risultare opportuno individuare un'area campione di circa 20 x 20 m, pari a 400 m², nella quale effettuare preventivamente la segnatura delle piante da rilasciare e da salvaguardare, a cura del dottore forestale incaricato. Tale area pilota consentirà di definire in modo condiviso le modalità esecutive più appropriate, mediante confronto operativo tra direzione tecnica forestale, impresa esecutrice e Stazione Forestale territorialmente competente, così da uniformare i criteri di intervento all'intero lotto operativo.

4.1 PROSSIMI PASSI E MONITORAGGIO DEL PROGETTO

In aggiunta alle misure descritte, è prevista l'installazione di sensori avanzati per l'analisi della qualità dell'aria, progettati per rilevare precocemente combinazioni specifiche di molecole associate ai processi di combustione e pirolisi. Tali dispositivi, colloquialmente definiti “naso elettronico” sono supportati da algoritmi di intelligenza artificiale, e consentono di identificare pattern chimici complessi che possono indicare l'insorgenza di un incendio anche nelle fasi iniziali e non visibili. I sensori sono tutt'ora in fase di acquisto da parte del Comune di Duino-Aurisina e i siti di installazione verranno definiti in corso d'opera. Questo sistema sarà integrato in un piano strutturato di monitoraggio del territorio che prevede l'impiego coordinato di droni, acquistati dal Comune di Duino-Aurisina, per la sorveglianza periodica e l'acquisizione di dati ad alta risoluzione. I droni verranno inoltre utilizzati nella gestione dell'emergenza per identificare la posizione dei focolai. Le informazioni raccolte confluiranno in un sistema di supporto alle decisioni a disposizione degli enti competenti, permettendo interventi tempestivi ed efficaci (Karst Firewall, D.2.2.1). Le attività di controllo, gestione e intervento operativo saranno infine garantite dalla Guardia Forestale, che avrà un ruolo centrale nella prevenzione attiva del rischio incendio e nel mantenimento della landa carsica.

il disboscamento selettivo infatti, persegue una duplice finalità: da un lato riduce la continuità verticale e orizzontale del combustibile, creando le discontinuità strutturali necessarie a limitare la propagazione degli incendi di chioma; dall'altro riattiva la dinamica della landa carsica, ripristinando le condizioni di luce, suolo e competizione favorevoli al reinsediamento delle specie erbacee specialiste della prateria aperta, nonché comunità di impollinatori di alto valore conservazionistico — in coerenza con gli obiettivi dell'habitat di interesse comunitario 6210 della Direttiva Habitat 92/43/CEE.

L'approccio si configura pertanto come una misura di adattamento ecosistemico che integra prevenzione del rischio incendio e conservazione attiva della biodiversità, rispondendo simultaneamente alle due principali minacce che gravano sull'ecosistema carsico in un contesto di cambiamento climatico

5 RIFERIMENTI

- De Rango, A., Furnari, L., Cortale, F., Senatore, A., & Mendicino, G. (2025). Wildfire Early Warning System Based on a Smart CO2 Sensors Network. *Sensors*, 25(7), 2012. <https://doi.org/10.3390/s25072012>
- Eler K., Ferlan M., Čater M., Simončič P. & Vodnik D. (2013). Soil respiration of karst grasslands subjected to woody-plant encroachment. *European Journal of Soil Science*, 64, 210–218.
- European Commission (2026). Guidance on Natura 2000 and climate change. C(2026) 2031 final. Brussels: European Commission. March 2026.
- Fernandes, A. M., Utkin, A. B., & Chaves, P. (2023). Automatic early detection of wildfire smoke with visible-light cameras and EfficientDet. *Journal of Fire Sciences*, 41(4), 122–135. <https://doi.org/10.1177/07349041231163451>
- Granceri Bradaschia, M., Čonč, Š., Morassutti, G., Breg Valjavec, M., Longato, D., Domen, P., Ciglič, R., Maragno, D., & Musco, F. (2025). *VALUTAZIONE DEL PERICOLO E DELLA*

VULNERABILITÀ AGLI INCENDI BOSCHIVI SUL CARSO E L'IMPATTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO / OCENA NEVARNOSTI IN RANLJIVOSTI ZARADI POŽAROV V NARAVI OB PODNEBNIH SPREMEMBAH NA KRAŠKEM OBMOČJU.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18220789>

Granceri Bradaschia, M., Morassutti, G., Longato, D., Domen, P., Maragno, D., & Musco, F. (2025). *VALUTAZIONE DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SUL CARSO, TRA ITALIA E SLOVENIA / OCENA PODNEBNIH SPREMEMB NA KRASU MED ITALIJO IN SLOVENIJO.*

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18230894>

Lasanta, T., Sánchez-Navarrete, P., Medrano-Moreno, L. M., Khorchani, M., & Nadal-Romero, E. (2020). Soil quality and soil organic carbon storage in abandoned agricultural lands: Effects of revegetation processes in a Mediterranean mid-mountain area. *Land Degradation & Development*, 31(18), 2830–2845. <https://doi.org/10.1002/ldr.3655>

Ruiz-Mirazo, J., Robles, A. B., & González-Rebollar, J. L. (2011). Two-year evaluation of fuelbreaks grazed by livestock in the wildfire prevention program in Andalusia (Spain). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 141(1), 13–22. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.02.002>

Savi, T., Casolo, V., Dal Borgo, A., Rosner, S., Torboli, V., Stenni, B., Bertoncin, P., Martellos, S., Pallavicini, A., & Nardini, A. (2019). Drought-induced dieback of *Pinus nigra*: A tale of

hydraulic failure and carbon starvation. *Conservation Physiology*, 7(1), co2012.

<https://doi.org/10.1093/conphys/coz012>

Spadoni, G. L., Moris, J. V., Vacchiano, G., Elia, M., Garbarino, M., Sibona, E., Tomao, A., Barbati, A., Sallustio, L., Salvati, L., Ferrara, C., Francini, S., Bonis, E., Dalla Vecchia, I., Strollo, A., Di Leginio, M., Munafò, M., Chirici, G., Romano, R., ... Ascoli, D. (2023). Active governance of agro-pastoral, forest and protected areas mitigates wildfire impacts in Italy. *Science of The Total Environment*, 890, 164281. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164281>

IZVAJANJE UKREPOV NA PILOTNIH OBMOČJIH V OBČINI DEVIN-NABREŽINA

D2.2.1

KARST FIREWALL 5.0

Adattamento innovativo al cambiamento climatico basato sugli ecosistemi nella regione del Carso. Promuovere una silvicoltura resistente agli incendi con il supporto di Industria 5.0

Inovativno ekosistemsko-zasnovano prilagajanje podnebnim spremembam na Krasu. Spodbujanje požarno odporne gmajne s podporo industrije 5.0

DELIVERABLE INFORMAZIONI / INFORMACIJE

Acronimo del progetto / Akronim projekta:	KARST FIREWALL 5.0
Titolo del progetto / Naslov projekta:	Adattamento innovativo al cambiamento climatico basato sugli ecosistemi nella regione del Carso. Promuovere una silvicoltura resistente agli incendi con il supporto di Industria 5.0 Inovativno ekosistemsko-zasnovano prilagajanje podnebnim spremembam na Krasu. Spodbujanje požarno odporne gmajne s podporo industrije 5.0
Area prioritaria / Prednostno področje:	Un'Europa più verde e a basse emissioni di carbonio, che si muove verso un'economia a zero emissioni di carbonio e resiliente Bolj zelena, nizkoogljična Evropa, ki prehaja na gospodarstvo z ničelno stopnjo neto emisij ogljika in je odporna
Obiettivo specifico del programma / Specifični cilj programa:	SO4: Promuovere l'adattamento ai cambiamenti climatici e la prevenzione del rischio di catastrofi e la resilienza, tenendo conto degli approcci ecosistemici. SO4: Spodbujanje prilagajanja podnebnim spremembam in preprečevanja tveganja nesreč ter odpornosti ob upoštevanju ekosistemskih pristopov
URL del sito web del progetto / URL spletne strani projekta:	www.ita-slo.eu/karst-firewall-50
Numero del documento / Številka dokumenta:	KFW50-D221
Titolo del documento / Naslov dokumenta:	IMPLEMENTAZIONE DELLE AZIONI DEI SITI PILOTA NEL COMUNE DI DUINO-AURISINA
Work Package:	WP 2
Attività / Aktivnost:	2.2
Partner responsabili (autori) / Odgovorni partnerji (avtorji):	IUAV Università di Venezia (Granceri Bradaschia M., Morassutti G.)
Partner coinvolti / Sodelujoči partnerji:	
Luogo e data di pubblicazione / Kraj in datum objave:	Trieste, 30/03/2026

Kazalo

Kazalo	3
1. UVOD	4
a. KONTEKST	4
b. POŽARNA OGROŽENOST V OBČINI DEVIN-NABREŽINA	5
c. OBMOČJE NATURA 2000	8
d. NAMEN POSEGA	10
2. UKREPI PRILAGAJANJA	12
a. IZBIRALNA ODSTRANITEV VISOKO VNETLJIVIH VRST	12
b. UPORABA ELEKTRONSKIH SENZORJEV	13
c. MONITORING Z DRONI	14
d. VZDRŽEVANJE KRAŠKE GMAJNE	15
3. OBMOČJE IZVEDBE	18
4. PROJEKT	21
a. NASLEDNJI KORAKI IN SPREMLJANJE PROJEKTA	23
5. REFERENCE	25

1. UVOD

a. KONTEKST

Trenutne podnebne spremembe močno spreminjajo režim gozdnih požarov v celotni sredozemski regiji in sosednjih območjih. Višanje povprečnih temperatur, podaljšanje sušnih obdobj, večja pogostost vročinskih valov in spremenljivost padavin ustvarjajo vse ugodnejše pogoje za vžig in širjenje požarov (Granceri Bradaschia, et al., 2025).

Na območju Krasa se ti pojavi prekrivajo s posebnimi ekosistemskimi značilnostmi, ki krepijo dovzetnost za ogenj. Apnenčasta planota, za katero so značilna plitva tla in spreminjajoča se skala, je dom prehajalne vegetacije, ki se hitro razvija: od odprte gmajne, ki jo je tradicionalno vzdrževala paša – danes v veliki meri opuščena – so nastale grmovne in gozdne formacije, v katerih prevladujejo puhasti hrast (*Quercus pubescens*), črni gaber (*Ostrya carpinifolia*) in zlasti obsežne nasade črnega bora (*Pinus nigra*), posajene v 19. in 20. stoletju v okviru programov pogozdovanja. Te neautohtone iglavce, ki so zelo vnetljivi, danes predstavljajo enega glavnih dejavnikov ranljivosti kraškega ekosistema pred požarno nevarnostjo.

K temu se dodaja antropogeni pritisk, ki izhaja iz gostega infrastrukturnega omrežja na tem območju: ceste, železnice, naselja in suburbanizirana območja so potencialni viri vzneta, ki v ugodnih vremenskih razmerah lahko sprožijo izredne požarne dogodke. Analiza zgodovinskih podatkov o požarih na preučevanem območju kaže na močno korelacijo med bližino prometne infrastrukture in lokacijo točk vžiga: 67,4 % zabeleženih požarov se je zgodilo v krogu 50 metrov od cestnega omrežja, kar potrjuje prevladujočo

vlogo antropogenih dejavnikov v primerjavi z naravnimi (Granceri Bradaschia, et al., 2025).

Projekt Karst Firewall 5.0, sofinanciran s strani Evropske unije v okviru programa Interreg VI-A Italija-Slovenija, se neposredno odziva na opisane izzive in predlaga inovativen model ekosistemskega prilagajanja podnebnim spremembam, apliciran na kraško regijo. Projekt temelji na temeljnem načelu: zmanjševanja požarne ogroženosti ni mogoče učinkovito doseči znotraj državnih meja ene same države, temveč zahteva strukturirano in trajno sodelovanje vseh vključenih akterjev – od operativnih ravni do odločitev o prostorskem upravljanju.

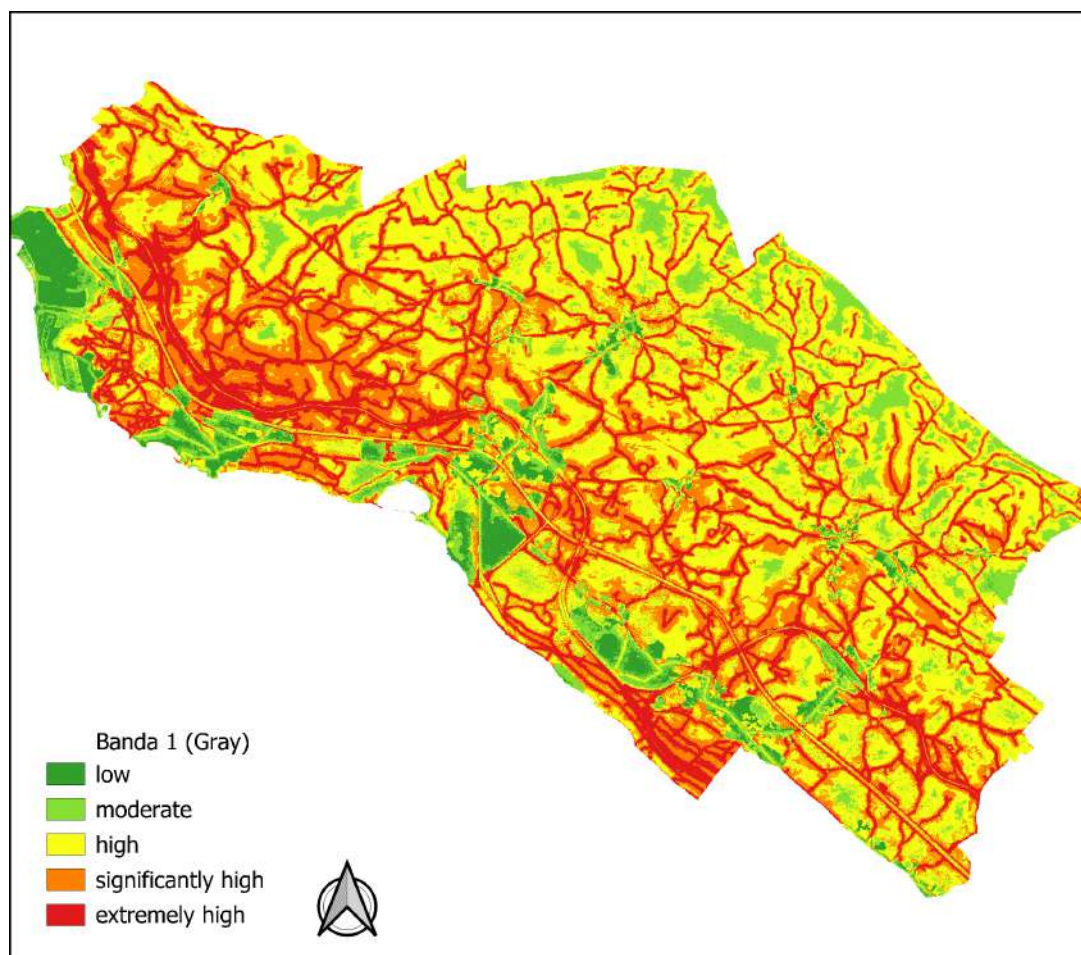
Vzporedno z analitičnimi dejavnostmi na teritorialni ravni je projekt Karst Firewall 5.0 v sodelovanju z Občino Miren-Kostanjevica začel preizkušanje ukrepov ekosistemskega prilagajanja na lokalni ravni, kot je paša na kraški gmajni.

b. POŽARNA OGROŽENOST V OBČINI DEVIN-NABREŽINA

Delovni sveženj 1 projekta je pripravil obsežen nabor analiz in spoznavnih orodij, ki predstavljajo znanstveno referenco za nadaljnje faze načrtovanja. Jedro te dejavnosti je celovita ocena požarne ogroženosti gozdov, izvedena z dvema komplementarnima metodološkima pristopoma: modeliranjem Maksimalne entropije (MaxEnt) za oceno nevarnosti vžiga in Večkriterijsko odločitveno analizo z metodo AHP za kartiranje ranljivosti ozemlja.

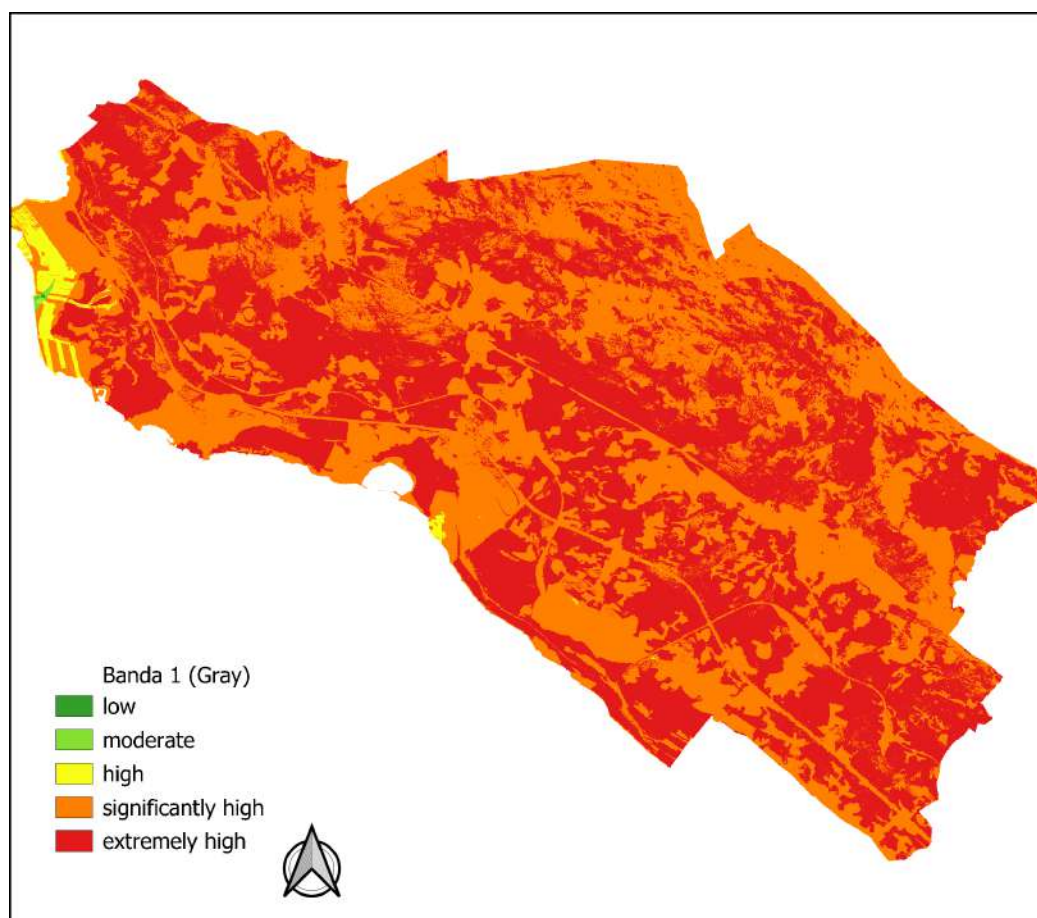
Analiza nevarnosti je izdelala prostorsko natančne karte, ki z dobro stopnjo statistične zanesljivosti opredeljujejo območja, na katerih je historična verjetnost vzneta požarov

večja, in sicer na podlagi antropogenih, okoljskih, podnebnih in topografskih spremenljivk.



Slika 1 – Požarna nevarnost v občini Devin-Nabrežina

Vzporedno je analiza ranljivosti kartirala strukturno nagnjenost ozemlja k požarom, neodvisno od zgodovine preteklih dogodkov, pri čemer je 93 % proučevanega območja opredelila kot takšno z visoko ali izjemno visoko ranljivostjo. Entrambe le analisi sono state elaborate sia nelle condizioni Obe analizi sta bili pripravljene tako za sedanje podnebne razmere kot za prihodnje projekcije (2011–2040), kar ponuja bistveno dinamično perspektivo za dolgoročno adaptivno načrtovanje.



Slika 2 – Ranljivost za požare v občini Devin-Nabrežina

Tem analizam se priključujeta podrobna ocena pričakovanih podnebnih sprememb v regiji in katalog ukrepov za zmanjšanje tveganja – operativno orodje, ki zbira in sistematizira glavne vrste posegov (gozdarskih, infrastrukturnih, upravljavskih in upravljanja) – ki se jih da aplicirati na kraški kontekst. Projekt je razvil tudi spletni portal za monitoring požarne ogroženosti, ki na dostopen način vključuje pridobljene znanstvene informacije in jih daje na razpolago dejavnikom v sektorju, javnim odločevalcem in skupnosti v širšem smislu.

c. OBMOČJE NATURA 2000

Ozemlje občine Devin-Nabrežina je predmet prekrivanja različnih varstvenih režimov: ZSC IT3340006 (Tržaški in Goriški Kras) in ZPS IT3341002 (Kraška območja Julijske krajine), Regionalni naravni rezervat Falesie di Duino (ustanovljen leta 1996) in IBA Carso, ki ga je priznal BirdLife International, z najnovejšimi ukrepi varstva, specifičnimi za lokacijo, ki veljajo od leta 2020.

Območje tržaškega in goriškega Krasa je bilo v več zaporednih fazah določeno kot območje omrežja Natura 2000. Sedanji pSCI je bil določen s sklepom deželne vlade št. 228 iz leta 2006, medtem ko je bilo območje SPA določeno s sklepom deželne vlade št. 217 iz leta 2007, ki vključuje širše območje SPA IT3341002 (Kraška območja Julijske krajine). Od 8. novembra 2013 je območje določeno kot Posebno ohranitveno območje (ZSC).

Lokacija vsebuje več tipologij, vrednih varstva in ohranjanja: kraške gmajne, mokrišča (kraška jezera, ribniki), skale in gruščnate pobočja, jame, fragmente (sub)mediteranske ekstrasionalne vegetacije, apnenčaste plošče, vodotoke (spodnji tok reke Timave, potok Rosandra) in halofitno cono v območju Liserta.

Od 8. avgusta 2024 so v veljavi odobreni specifični varstveni ukrepi (MCS) (DGR št. 1149/2024). Lokacija je povezana z Regionalnim naravnim rezervatom Falesie di Duino, Regionalnim naravnim rezervatom jezer v Doberdobu, tistim pri Monte Lanaru, Monte Orsariu in Val Rosandri; ZSC je v celoti vključena v ZPS IT3341002 »Kraška območja Julijske krajine«.

Participativni proces za pripravo načrta upravljanja Krasa je potekal do leta 2011 z namenskim portalom (carsonatura2000.it), aktualni specifični varstveni ukrepi (MCS), ki veljajo od leta 2020, pa predstavljajo veljavno upravljavsko orodje namesto formalno odobrenega načrta upravljanja.



Slika 3 – Lokacije Natura 2000 v občini Devin-Nabrežina

Regionalni naravni rezervat Falesie di Duino je bil ustanovljen z Deželnim zakonom z dne 30. 9. 1996, št. 42 in ga upravlja Občina Devin-Nabrežina. Obsega visoko in strmo apnenčasto pečino, omejeni del kraške planote in pas morja pred njo s skupno površino

107 hektarjev. Predstavlja edino svetovno nahajališče endemične vrste *Centaurea kartschiana* in edini primer visokih skal na severnem jadranskem obalnem pasu Italije.

d. NAMEN POSEGA

Akcijski načrt, pripravljen v okviru projekta Karst Firewall 5.0, pretvori analize tveganja, pripravljene v spoznavni fazi, v konkretne in celostne posege, zasnovane za delovanje na več ravneh hkrati: zmanjšanje razpoložljivega goriva, monitoring ozemeljskih razmer v realnem času in aktivacija kraške gmajne. Trije ukrepi, opisani v tem dokumentu, se odzivajo na različne, a tesno medsebojno povezane potrebe in skupaj sestavljajo adaptivni pristop k upravljanju tveganja, ki je lahko vzorčni model za druge kontekste kraške regije.

Prvi poseg se nanaša na selektivni posek dreves, poškodovanih v požaru leta 2022. Velik obseg požarnega čela je na ozemlju pustil znatno količino mrtvih stoječih ali hudo poškodovanih dreves, zlasti na nasadih črnega bora. Ta suha biomasa ne predstavlja le neposrednega dejavnika tveganja – ker povečuje razpoložljivo gorivonosno breme v primeru novega dogodka – ampak je tudi ovira za naravno obnovo gozda. Poseg selektivnega poseka torej zasleduje dvojni cilj: zmanjšati tveganje povratnega požara izjemne intenzivnosti in ustvariti ugodne ekološke pogoje za ustalitev avtohtonih vrst, bolj odpornih na ogenj, skladno z dolgoročnimi cilji preusmeritve k mešanim in strukturno stabilnejšim gozdnim formacijam.

Drugi poseg predvideva namestitev omrežja senzorjev za neprekinjeni monitoring prisotnosti požarnega dima. Zgodnje zaznavanje dogodka je eden od kritičnih dejavnikov operativne učinkovitosti odziva: vsaka minuta med vzneto in alarmom gasilskih enot se

lahko prevede v dodatne hektarje vegetacije, ki jo požre ogenj. Senzorji, razporejeni na strateških točkah ozemlja glede na topografijo in prevladujoče vzorce vetra, omogočajo preseči omejitve tradicionalnega vizualnega nadzora – ki je pogosto prekinjen in odvisen od razpoložljivosti osebja – ter dopolniti alarmno omrežje z avtomatiziranim sistemom, aktivnim ob vseh urah dneva in noči. Zbrani podatki se stekajo v spletni portal za monitoring tveganja, razvit v okviru projekta, kar zagotavlja razpoložljivost informacij v realnem času tako lokalnim operativcem kot pristojnim organom na obeh straneh meje.

Predviden je tudi monitoring gozda z dronom. Fotogrametrični aerialni posnetki z daljinsko pilotiranimi letali omogočajo periodično pridobivanje visokokakovostnih posnetkov celotnega območja načrta, kar zagotavlja natančno in aktualno dokumentacijo stanja vegetacijske pokrovnosti. Ta dejavnost ima dvojno vrednost: po eni strani omogoča časovni nadzor razvoja post-požarne regeneracije in učinkovitosti gozdarskih posegov.

Selektivni posek dreves, poškodovanih v požaru leta 2022, in odstranitev podrasti, nakopičene na požarnih površinah, ne odgovarjata le na takojšnjo potrebo po zmanjšanju gorivnega bremena: umeščata se v širšo strategijo obnove ekosistemske odpornosti, ki najde eksplicitno prepoznanje v evropskem normativnem okviru. *Guidance on Natura 2000 and climate change* Smernice o omrežju Natura 2000 in podnebnih spremembah, ki jih je Evropska komisija objavila marca 2026 (European Commission, 2026), opredeljujejo proaktivno upravljanje po motnji kot eno od prednostnih ukrepov za krepitev adaptivne zmogljivosti lokacij omrežja Natura 2000 pred intenzifikacijo skrajnih podnebnih dogodkov. Dokument poudarja, da morajo biti varstveni ukrepi na lokacijah Natura 2000 usmerjeni v krepitev ekosistemske odpornosti z zmanjšanjem obstoječih

pritiskov in obnovo degradiranih habitatov, pri čemer izrecno navaja upravljanje gozdnih požarov – vključno s posegi po požaru – med prilagoditvenimi ukrepi, ki se jih da aplicirati na ravni lokacije.

V tem okviru sta nadzor invazivne grmovne vegetacije in odstranitev mrtvega lesenega materiala na požarnih površinah prepoznana kot funkcionalni posegi ne le za preprečevanje novih dogodkov, temveč tudi za vzdrževanje in regeneracijo polnaravnih odprtih habitatov, kakršni so stabilni travniki. V kraškem kontekstu, kjer je kraška gmajna – habitat visoke ekološke vrednosti, zaščiten z Direktivo o habitatih – ogrožena z napredovanjem gozdne vegetacije, ki ga pospešuje prav postopno opuščanje tradicionalnih upravljavskih praks, tako poseg selektivnega poseka privzame dvojno vrednost: po eni strani konkretno zmanjšuje tveganje povratnega požara visoke intenzivnosti, po drugi pa ustvarja nujne pogoje za vzdrževanje in postopno širjenje travniških površin, skladno z ohranitvenimi cilji omrežja Natura 2000 in usmeritvami evropskih smernic.

2. UKREPI PRILAGAJANJA

a. IZBIRALNA ODSTRANITEV VISOKO VNETHJIVIH VRST

Gorljivost pokrajine je odvisna od količine, zveznosti in vrste vegetacijskega goriva. Z odstranitvijo vrst, ki producirajo velike količine suhega materiala, smolnih iglic ali ki spodbujajo vertikalno zveznost, se zmanjša verjetnost, da se površinski požar preoblikuje v visoko intenziven požar v krošnjah. Selektivna odstranitev je torej poseg gozdarskega upravljanja, ki sestoji iz identifikacije in odstranitve (ali znatnega zmanjšanja) posameznih dreves ali populacij drevesnih vrst, ki glede na biološke ali strukturne značilnosti

povečujejo tveganje in intenzivnost požarov na nekem območju. Namen ni odprava drevesne pokrovnosti, temveč spremeniti njeno sestavo in strukturo v smeri manj vnetljivih in bolj redkih vegetacijskih združb. Črni bori (*Pinus nigra*) poleg tega, da trpijo med izjemnimi in dolgotrajnimi sušnimi dogodki, so tudi visoko ranljive pred požari. Takšna oslABLJena drevesa kopičijo suhe in smolnate veje, ki povečujejo vnetljivost in verjetnost širjenja požara v krošnje. Na Krasu kombinacija plitvih tal in ekstremne vročine stopnjuje ta tveganja, zaradi česar je črni bor hkrati žrtev in dejavnik večjega požarnega tveganja na degradiranih borovih sestojih (Savi et al., 2019). Odstranitev se lahko izvede s selektivnim posekom, redčenjem ali zamenjavo z manj gorljivimi vrstami, pogosto v kombinaciji z drugimi posegi (predpisano kurjenje, paša, ciljno pogozdovanje).

b. UPORABA ELEKTRONSKIH SENZORJEV

Na ranljivem območju, kakršen je Kras, uvedba omrežij pametnih senzorjev za zgodnje zaznavanje požarov lahko pomeni kakovostni skok pri preprečevanju požarne ogroženosti. Senzorji IoT, nameščeni na drogovih ali drevesih vzdolž pobočij in slemen, lahko zaznajo prisotnost požara že v fazah gorenja brez plamena, saj v zraku zaznajo plinske spojine, značilne za zgorevanje in pirolizo, in sicer:

- Ogljikov monoksid (CO);
- Ogljikov dioksid (CO₂);
- Vodik (H₂);
- Hlapne organske spojine (VOC);
- Pline in hlapne, ki izhajajo iz pirolize / razpadanja goriva;
- Lokalne spremembe vlažnosti in temperature.

Senzorje bi bilo treba namestiti po možnosti vsaj 2–3 metre nad tlemi, da se preprečijo poškodbe od bližnjega ognja, vlage in živali. Ob odsotnosti stabilnih energetske virov se jih lahko napaja s sončnimi paneli. Razdalje med senzorji bi morale biti takšne, da se pokrijejo visoko ogrožena območja, ob tem pa se zmanjša skupno število naprav za nadzor stroškov in vzdrževanja. V primerjavi z drugimi oblikami zaznavanja, kot so sateliti, imajo senzorji prednost, da skrajšajo čas alarmiranja, a njihovi visoki stroški namestitve in vzdrževanja otežujejo njihovo uporabo v obsežnejših teritorialnih kontekstih. Poleg tega so pogosti lažni alarmi, ki so posledica na primer nenadnih podnebnih sprememb ali dima iz kmetijskih dejavnosti. Nedavne študije so pokazale, da so modeli, opremljeni s programsko opremo s podporo umetne inteligence, bolj zmožni zaznavati požare v krajšem času (De Rango et al., 2025).

c. MONITORING Z DRONI

Monitoring z video kamerami na dronih je ena od neposrednih in najučinkovitejših oblik zgodnjega zaznavanja požarov. Medtem ko je mogoče fiksne kamere namestiti na stolpih, drogovi ali stavbah vzdolž gozdne meje ali pri območjih vmesnega prostora med gozdovi in urbani površinami za nepretrgano nadzorstvo, droni zagotavljajo fleksibilnost in mobilnost za periodične patrolje, zlasti na oddaljenih ali težko dostopnih območjih. Pridobljene slike (vidne, RGB; včasih infrardeče) se analizirajo z algoritmi računalniškega vida (globoko učenje, nevronske mreže, transformatorji) za prepoznavanje dima, barvnih sprememb, isker ali časovnih vzorcev skritega dima. Posnetki prav tako omogočajo zgodnje prepoznavanje situacij vodnega stresa, razširjenega sušenja ali nenormalnega kopičenja suhe biomase, ki bi lahko povečale dovzetnost za ogenj na določenih delih ozemlja.

Monitoring z dronom se tako oblikuje kot orodje za podporo odločanju, ki je sposobno usmerjati prihodnje upravljalvske odločitve na ciljni in podatkovni način.

Nedavna študija je pokazala, da model zaznavanja z uporabo vidnih kamer dosega 80,4-odstotno stopnjo resnično pozitivnih rezultatov z zelo nizko stopnjo lažno pozitivnih rezultatov ($\approx 1,13\%$) na velikem naboru slik, ki vsebujejo dimne stebre (Fernandes et al., 2023). Droni, opremljeni z vsesmernimi ali fisheye kamerami (širok vidni kot), omogočajo pokrivanje večjih območij z manj fiksnimi opazovalnimi točkami, ocenjevanje položaja žarišča prek GPS koordiniranja posnetkov in pošiljanje avtomatskih alarmov prek omrežij IoT. Omejitve: ogrožena vidljivost (dim, megla, noč ali slabo vreme), poraba energije, potreba po vzdrževanju in posodabljanju modelov umetne inteligence za zmanjšanje lažnih alarmov; poleg tega monitoring z droni zahteva naložbe ne le v strojno opremo, temveč tudi v podatkovno infrastrukturo in operativne postopke. Prav tako je obvezna prisotnost usposobljenega osebja za upravljanje in pridobitev pilotskih licenc.

d. VZDRŽEVANJE KRAŠKE GMAJNE

Vzdrževanje kraške gmajne predstavlja enega najučinkovitejših ukrepov za preprečevanje hitrega širjenja gozdnih požarov ter hkrati za ohranjanje ekološke in kulturne dediščine velike vrednosti. V zadnjih desetletjih je opuščanje tradicionalnih agropastoralnih praks spodbudilo napredovanje grmičevja in mladih lesnih rastlin, ki povečujejo zveznost goriv ter postopno preoblikujejo odprto gmajno v bolj vnetljivo grmovje (Eler K. et al., 2013). Ciljno usmerjeno pašništvo je upravljalvska tehnika, ki izkorišča pašne živali za omejevanje rasti vegetacije, vzdrževanje odprtega habitata in ustvarjanje horizontalnih in vertikalnih prekinitev goriva. Ta praksa ne le znižuje tveganje intenzivnih požarov, temveč ohranja

biotsko raznovrstnost, značilno za kraške pašnike, od katerih mnogi gostijo redke rastlinske vrste in specializirane žuželke.

Ker je tradicionalna ekstenzivna paša danes malo donosna, njena uporaba kot orodje za preprečevanje požarov zahteva strukturno javno podporo. Subvencije prek programov razvoja podeželja (PRP) ali agro-okoljskih ukrepov lahko nagradijo živinorejce za ponujeno ekosistemsko storitev ter zagotovijo kontinuiteto in kakovost upravljanja. Brez stabilnega financiranja so obravnavane površine premajhne, da bi vplivale na požarno tveganje na ravni pokrajine.

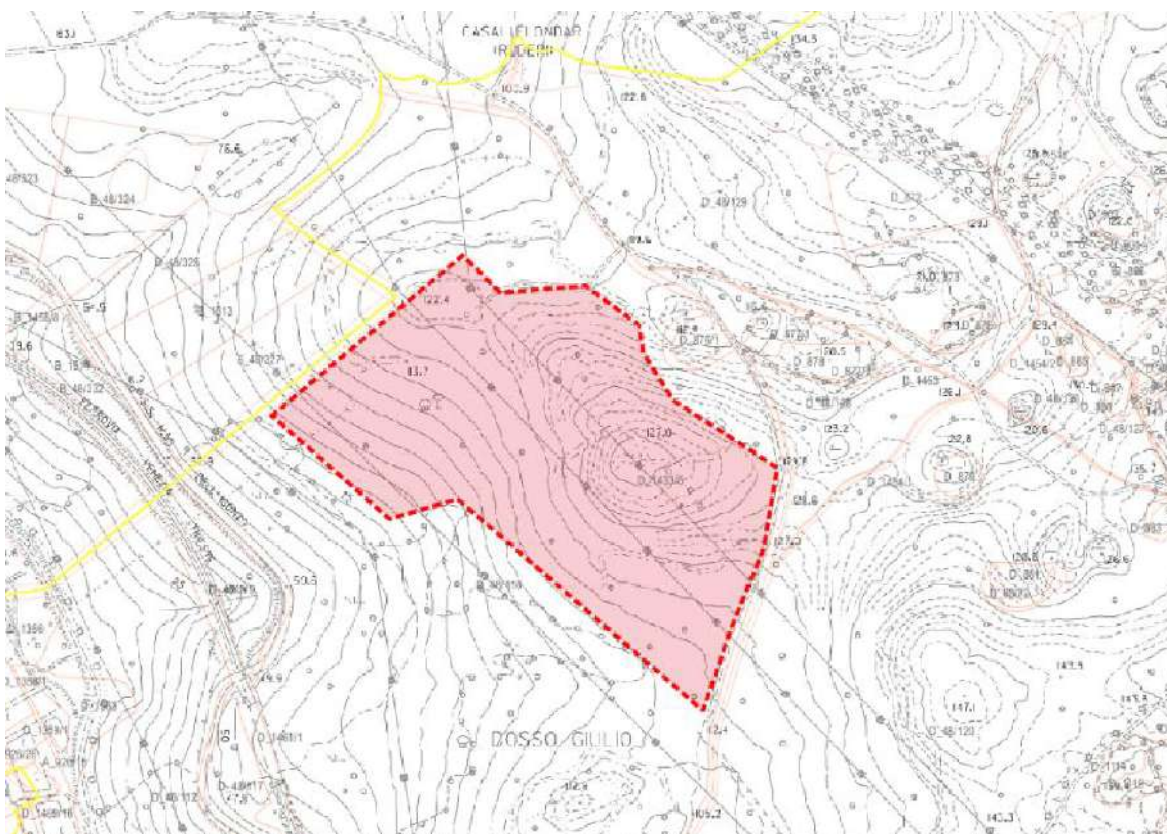
Znanstvene študije potrjujejo te koristi: v mediteranskih kontekstih ciljno usmerjeno pašništvo znatno zmanjšuje biomaso podrasti in zavlačuje grmovnato rekolonizacijo ter povečuje odpornost na ogenj (Spadoni et al., 2023). V Španiji in na jugu Francije je ponovna uvedba ekstenzivne paše na opuščenih površinah pokazala pozitivne učinke tako na travniško biotsko raznovrstnost kot na zmanjšanje požarnega tveganja (Lasanta et al., 2020; Ruiz-Mirazo et al., 2011). (Spadoni et al., 2023) V Španiji in na jugu Francije je ponovna uvedba ekstenzivne paše na opuščenih površinah pokazala pozitivne učinke tako na travniško biotsko raznovrstnost kot na zmanjšanje požarnega tveganja (Lasanta et al., 2020; Ruiz-Mirazo et al., 2011). (Lasanta et al., 2020; Ruiz-Mirazo et al., 2011).

Pristop mora biti adaptiven, s časovnim monitoringom učinkov na vegetacijo in požarno tveganje ter prilagajanjem intenzivnosti in časa pašnih obrokov. Tako zasnovan postane ciljno usmerjeno pašništvo strateška javna naložba, ne strošek, ker zagotavlja ekosistemsko storitev preprečevanja požarov, ohranja edinstveno kulturno pokrajino in podpira lokalne gospodarske dejavnosti, ki jim grozi izumrtje. Poseg fizičnega odstranjevanja grmovne vegetacije – s strojnim mulčanjem ali ročnim posekom – predstavlja izvedljivo alternativo ekstenzivni paši za boj proti zaraščanju in vzdrževanje odprtega habitata kraške gmajne,

zagotavljanje prekinitev goriva in ohranjanje ekoloških pogojev, ugodnih za biotsko raznovrstnost apnenčastih travnikov.

3. OBMOČJE IZVEDBE

Območje se nahaja v občini Devin-Nabrežina (pokrajina Trst), malo severno od Dosso Giulia, med državno cesto SS 55 v nižinskem delu in državno mejo Italija-Slovenija. Območje posega je v katastrski občini Medeazza, Oddelek D, list 1, parcela 48/116. Območje, del navedene parcele, meri 9,0 hektarjev z dolžino približno 420 metrov in širino približno 200 metrov. Povprečna nadmorska višina je okoli 110 m n.m.v., z maksimumom 137 m in minimumom 78 m. Območje je vzdolžno prečkano s tremi nadzemnimi daljinovodi z ustreznimi stebri in drogovi ter je poleg tega zaznamovano s potmi starih strelskih jarkov iz prve svetovne vojne.

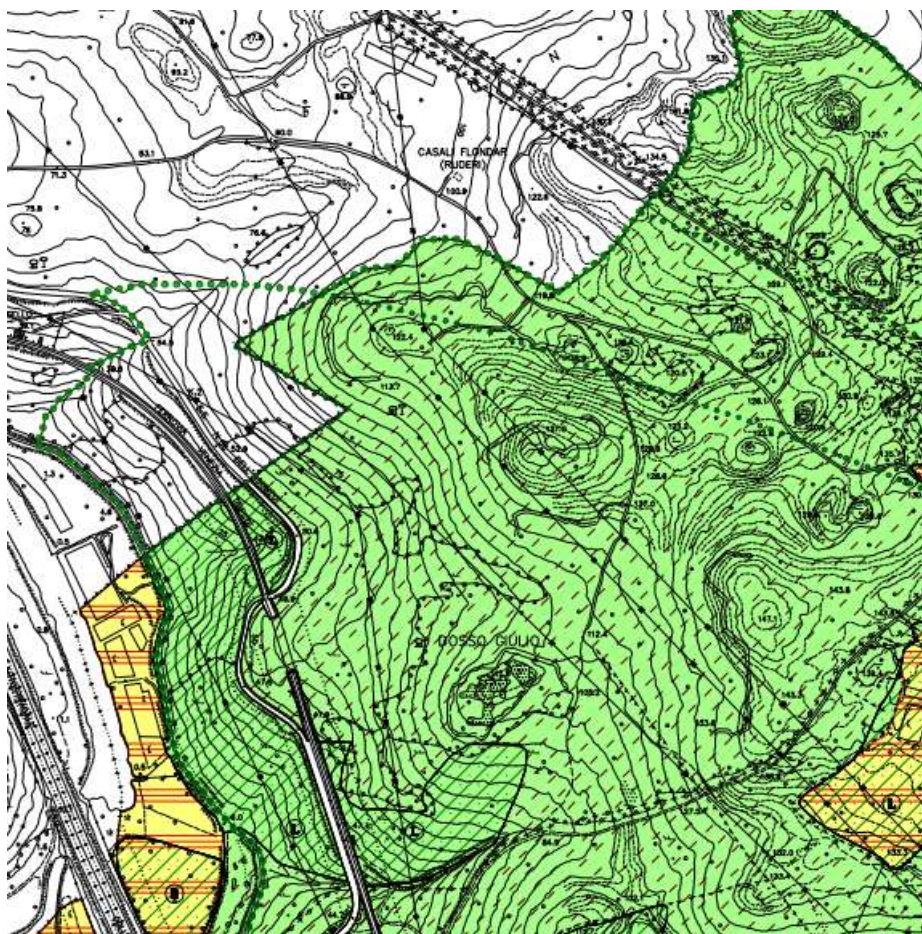


Slika 4 – Območje posega na podlagi regionalnega tehničnega načrta v merilu 1:5000



Slika 5 – Pogled iz zraka na območje posega

Po varianti št. 27 generalnega urbanističnega načrta Občine Devin-Nabrežina (potrjenem dne 3. septembra 2014 z DGC št. 115) je celotno območje razvrščeno kot E3 – Kmetijska območja za biološko in funkcionalno povezljivost naravnega sistema. Ustrezni tehnični izvedbeni predpisi na njem spodbujajo posege za izboljšanje gozdov in agro-okoljskih razmer (člen 1.1.1.2.), ob spoštovanju varstvenih ciljev zavarovanih območij.



Slika 6 – Izsek generalnega urbanističnega načrta Občine Devin-Nabrežina, varianta št. 27

Z naravovarstvenega vidika lokacija spada v ZSC Tržaški in Goriški Kras, vključeno v ZPS Kraška območja Julijske krajine. Območje ne zajema habitatov skupnostnega pomena, temveč je v Habitatu FVG razvrščeno kot »Območja, ki so jih prizadeli požari pred manj kot 5 leti« (koda OB8), po gozdnem požaru poleti leta 2022. Ta vidik omogoča, da se poseg obnove gozda izvede brez posebnih dodatnih omejitev presoje vplivov na okolje.

4. PROJEKT

Poseg, ki ga pokroviteljuje Občina Devin-Nabrežina v vlogi partnerja projekta Karst Firewall in ji ga je pooblastil zasebni lastnik parcele, sestoji iz odstranitve mrtve in zgorele drevesne vegetacije, ki je posledica gozdnega požara, ki je prizadel kraško ozemlje poleti leta 2022, z namenom spodbujanja procesov obnove in naravnega razvoja gozdne sestojine ter hkratnega povečanja in izboljšanja pogojev za preprečevanje in upravljanje tveganja gozdnih požarov.

Odvoz mrtvega in zgorelega lesenega materiala je namreč namenjen zmanjšanju preostalega gorivnega bremena, izboljšanju operativne dostopnosti in zagotovitvi učinkovitejšega nadzora nad prihodnjimi dejavnostmi upravljanja in nadzorovanja območja.

Posek bo prizadel gozd v razvoju v visok sestoj na površini okoli 9 ha pri pridobljivi masi okoli 270 m³ (30 m³/ha). Od poseka bodo izključena vsa drevesa, ki niso bila poškodovana v požaru leta 2022, pri čemer je treba paziti, da se ne poškoduje mladovje, preostala drevesa in sestojina nasploh.

Glede na posebne rastiščne značilnosti kraškega konteksta, za katerega so značilna plitva, razpršena tla, ki so pogosto sestavljena iz glinasto-kamnite matrice, ter prisotnost naravnega mladovja in drevesne in grmovnate vegetacije ekološkega pomena, bo treba poseg izvesti z največjo previdnostjo. Zlasti bodo morali biti sprejeti vsi potrebni ukrepi za preprečitev poškodb tal, ogrožitve potekajočega mladovja in porušitve lokalnih ekoloških ravnotežij, pa tudi za preprečitev ustalitve in širjenja invazivnih tujerodnih vrst, zlasti lokalnih ekoloških ravnovesij, tudi z namenom, da se ne spodbuja naselitve in širjenja invazivnih tujerodnih vrst, kot je zlasti veliki pajesen (*Ailanthus altissima*).

Z operativnega vidika se bo izvedba posega lahko organizirala z upoštevanjem dveh različnih ekip: ene, namenjene operacijam poseka in priprave, vključno z odsekanjem vej in razžagovanjem mrtvih dreves, tako podrtih kot še stoječih, in druge, namenjene operacijam zbiranja in spravila lesenega materiala. Vsaka ekipa bo lahko sestavljena iz dveh delavcev, skupaj okoli štirih zaposlenih, ki bodo hkrati prisotni na gradbišču.

S tehničnega vidika poseg v bistvu sestoji iz odstranitve mrtvega in zgorelega lesa, prisotnega na površini, ki jo je zajel požar. Ta material ima po delovanju ognja globoko spremenljive fizikalno-mehanske lastnosti v primerjavi z živim lesom, saj pogosto privzame oglenelo, krhko in nestabilno strukturo. To stanje dela operacije podiranja, priprave in spravila posebej občutljive, kompleksne in zahtevnejše s časovnega in varnostnega vidika. K temu se dodaja nujnost popolnega ohranjanja žive vegetacije in izogibanja vsakršni obliki spremembe ali poškodbe gozdnih tal.

Posebna pozornost bo morala biti namenjena varnostnim vidikom, povezanim s prisotnostjo ogljikovih ostankov. Oglje, nastalo pri gorenju obravnavanih rastlin, je namreč lahko zelo drobljivo in prašno; posledično bo moralo biti operativno osebje opremljeno z ustreznimi individualnimi varovalni ukrepi, ki vključujejo vsaj ustrezne protirezne rokavice, protirezne hlače, zaščitna očala in, kjer je potrebno glede na operativne pogoje, naprave za zaščito dihalnih poti pred finimi prašnimi delci.

Kar zadeva dostopnost in operacije spravila, bodo morali biti uporabljeni izključno lahki stroji z nizkim vplivom na tla, pneumatski, kot so gozdarski traktorji, ustrezno opremljeni, ali podobni stroji, opremljeni s pogonskimi sistemi, ki ne povzročajo motnje/spremembe tal in površinskih horizontov. Nikakor ne smejo biti izvajana zemeljska dela, niti

skromnega obsega, da bi se izognili sprememb površinske pokrovnosti, erozijskim pojavom in ugodnim pogojem za ustalitev invazivnih ali alohtonih rastlinskih vrst.

Dodaten element pozornosti je prisotnost nadzemnih električnih vodov in z njimi povezanih opor; med vsemi fazami dela bodo morali biti torej dosledno spoštovani varnostni odmiki, predvideni z veljavno zakonodajo, pri čemer je treba biti posebej previdni pri operacijah v bližini stebrov in drogov.

V začetni fazi posega bo morda primerno opredeliti vzorčno površino velikosti pribl. 20 x 20 m, to je 400 m², v kateri bo gozdarski doktor, ki je za to pooblaščen, predhodno označil drevesa za izpustitev in zavarovanje. To pilotno območje bo omogočilo skupno opredelitev najprimernejšega načina izvedbe prek operative primerjave med gozdno-tehnično direkcijo, izvajalskim podjetjem in teritorialno pristojno Gozdno postajo, da bi se tako poenotila merila posega za celotno operativno parcelo.

a. NASLEDNJI KORAKI IN SPREMLJANJE PROJEKTA

Poleg opisanih ukrepov je predvidena namestitev naprednih senzorjev za analizo kakovosti zraka, zasnovanih za zgodnje zaznavanje specifičnih kombinacij molekul, povezanih s procesi gorenja in pirolize. Te naprave, pogovorno poimenovane »elektronski nos«, so podprte z algoritmi umetne inteligence in omogočajo prepoznavanje kompleksnih kemičnih vzorcev, ki lahko nakazujejo nastanek požara tudi v začetnih in nevidnih fazah. Senzorji so še vedno v fazi nakupa s strani Občine Devin-Nabrežina in namestitvena mesta bodo opredeljena med izvedbo. Te naprave, pogovorno poimenovane »elektronski nos«, so podprte z algoritmi umetne inteligence in

omogočajo prepoznavanje kompleksnih kemičnih vzorcev, ki lahko nakazujejo nastanek požara tudi v začetnih in nevidnih fazah..

Selektivno odpogozdovanje namreč zasleduje dvojni cilj: po eni strani zmanjšuje vertikalno in horizontalno zveznost goriva ter ustvarja strukturne prekinitve, potrebne za omejevanje širjenja požarov v krošnjah; po drugi strani reaktivira dinamiko kraške gmajne ter obnavlja pogoje glede svetlobe, tal in tekmovalnosti, ugodne za ponovno ustalitev zeliščnih vrst, specialistov odprtih travnikov, pa tudi skupnosti opraševalcev visoke ohranjenostne vrednosti – skladno s cilji habitata skupnostnega pomena 6210 Direktive o habitatih 92/43/EGS. Pristop se zato oblikuje kot ukrep ekosistemskega prilagajanja, ki integrira preprečevanje požarne ogroženosti in aktivno ohranjanje biotske raznovrstnosti, kar se hkrati odziva na dve glavni grožnji, ki tehtata na kraškem ekosistemu v kontekstu podnebnih sprememb.

5. REFERENCE

- De Rango, A., Furnari, L., Cortale, F., Senatore, A., & Mendicino, G. (2025). Wildfire Early Warning System Based on a Smart CO2 Sensors Network. *Sensors*, 25(7), 2012.
<https://doi.org/10.3390/s25072012>
- Eler K., Ferlan M., Čater M., Simončič P. & Vodnik D. (2013). Soil respiration of karst grasslands subjected to woody-plant encroachment. *European Journal of Soil Science*, 64, 210–218.
- European Commission (2026). Guidance on Natura 2000 and climate change. C(2026) 2031 final. Brussels: European Commission. March 2026.
- Fernandes, A. M., Utkin, A. B., & Chaves, P. (2023). Automatic early detection of wildfire smoke with visible-light cameras and EfficientDet. *Journal of Fire Sciences*, 41(4), 122–135. <https://doi.org/10.1177/07349041231163451>
- Granceri Bradaschia, M., Čonč, Š., Morassutti, G., Breg Valjavec, M., Longato, D., Domen, P., Ciglič, R., Maragno, D., & Musco, F. (2025). VALUTAZIONE DEL PERICOLO E DELLA VULNERABILITÀ AGLI INCENDI BOSCHIVI SUL CARSO E L'IMPATTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO / OCENA NEVARNOSTI IN RANLJIVOSTI ZARADI POŽAROV V NARAVI OB PODNEBNIH SPREMEMBAH NA KRAŠKEM OBMOČJU.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.18220789>

Granceri Bradaschia, M., Morassutti, G., Longato, D., Domen, P., Maragno, D., & Musco, F.

(2025). *VALUTAZIONE DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SUL CARSO, TRA ITALIA E SLOVENIA /*

OCENA PODNEBNIH SPREMEMB NA KRASU MED ITALIJO IN SLOVENIJO.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18230894>

Lasanta, T., Sánchez-Navarrete, P., Medrano-Moreno, L. M., Khorchani, M., & Nadal-Romero,

E. (2020). Soil quality and soil organic carbon storage in abandoned agricultural lands:

Effects of revegetation processes in a Mediterranean mid-mountain area. *Land*

Degradation & Development, 31(18), 2830–2845. <https://doi.org/10.1002/ldr.3655>

Ruiz-Mirazo, J., Robles, A. B., & González-Rebollar, J. L. (2011). Two-year evaluation of

fuelbreaks grazed by livestock in the wildfire prevention program in Andalusia (Spain).

Agriculture, Ecosystems & Environment, 141(1), 13–22.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.02.002>

Savi, T., Casolo, V., Dal Borgo, A., Rosner, S., Torboli, V., Stenni, B., Bertoncin, P., Martellos, S.,

Pallavicini, A., & Nardini, A. (2019). Drought-induced dieback of *Pinus nigra*: A tale of

hydraulic failure and carbon starvation. *Conservation Physiology*, 7(1), co2012.

<https://doi.org/10.1093/conphys/coz012>

Spadoni, G. L., Moris, J. V., Vacchiano, G., Elia, M., Garbarino, M., Sibona, E., Tomao, A.,

Barbati, A., Sallustio, L., Salvati, L., Ferrara, C., Francini, S., Bonis, E., Dalla Vecchia, I.,

Strollo, A., Di Leginio, M., Munafò, M., Chirici, G., Romano, R., ... Ascoli, D. (2023). Active governance of agro-pastoral, forest and protected areas mitigates wildfire impacts in Italy. *Science of The Total Environment*, 890, 164281.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164281>