



Nature Restoration Law and fire risk mitigation in Natura 2000 areas: synergies and trade-offs at the landscape and stand scales

Nature Restoration Law e mitigazione del rischio incendi in aree Natura 2000: sinergie e compromessi a scala territoriale e di popolamento

Davide Ascoli ^(a) - Angelo Nolè ^{(b)(*)} - Rachele Gamba ^(a) - Cinzia Passamani ^(a)
Roberta Berretti ^(a) - Enrico Marchi ^(c)

^(a) Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA), Università degli Studi di Torino; Igo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO).

^(b) Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari e Ambientali (DAFE), Università degli Studi della Basilicata; via dell'Ateneo Lucano 10 - 85100 Potenza.

^(c) Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI), Università degli Studi di Firenze; via San Bonaventura 13 - 50145 Firenze.

^(*) Corresponding Author; angelo.nole@unibas.it

Abstract: Changes in fire regimes across Europe are increasing the exposure of the Natura 2000 network to fire disturbance, with potential repercussions for the conservation and restoration of habitats and species of Community interest. Regulation (EU) 2024/1991 (Nature Restoration Law, NRL) introduces binding restoration targets and explicitly highlights the need to strengthen ecosystem resilience to “natural disasters”. For forests, it includes the obligation to plan measures while “taking into account the risks of forest fires”. This paper analyzes the synergies and potential conflicts between restoration/conservation goals and fire risk mitigation strategies in Natura 2000 areas, proposing a dual-scale analysis: (i) landscape/territorial scale; (ii) stand/preventive infrastructure scale. At the landscape scale, through the placement of infrastructure capable of reducing the probability that fire disturbance assumes characteristics of frequency, seasonality and severity incompatible with the sensitivity to fire of habitats and other objectives (e.g. urban-rural interface). At the stand/preventive infrastructure scale, the design of interventions must reconcile the functional requirements of forest fire-fighting with the achievement of the objectives set by the NRL. Such an approach must prescribe site-specific solutions to achieve an optimal trade-off between hazard reduction and habitat conservation.

Key words: Nature Restoration Law; pyro silviculture; wildland-urban interface; resilience; ecosystem services.

Citation: Ascoli, D., Nolè, A., Gamba, R., Passamani, C., Berretti, R., & Marchi, E. (2026). Nature Restoration Law e mitigazione del rischio incendi in aree Natura 2000: sinergie e compromessi a scala territoriale e di popolamento. *L'Italia Forestale e Montana*, 81(1s), 67-78; <https://dx.doi.org/10.36253/ifm-1202>

Received: 09/01/2026 **Revised version:** 20/02/2026 **Published online:** 08/06/2026

1. INTRODUZIONE

Negli ultimi decenni gli incendi boschivi hanno interessato ampie porzioni del continente europeo, con un'intensificazione di grandi incendi, spesso concomitanti, che superano la capacità operativa delle strutture di difesa (Garroussi et al., 2024; La Mela Veca et al., 2024; Marchi, 2010). Tale quadro si è definito per effetto di diversi fattori di rischio tra loro interconnessi. I cambiamenti climatici in atto si manifestano con un innalzamento delle temperature e siccità prolungate e ricorrenti che hanno esteso le stagioni degli incendi e intensificato la loro severità. Negli ultimi decenni, le aree montane interne del territorio nazionale sono state oggetto di fenomeni di spopolamento con conseguente abbandono delle attività agricole e pastorali, lasciando spazio a fenomeni di espansione naturale della copertura forestale e a significativi cambi di uso del suolo. La riduzione della frammentazione e dell'eterogeneità del paesaggio che storicamente fungevano da barriere naturali al fuoco (Marchi, 2010) ha comportato un aumento della continuità e del carico di combustibile e della infiammabilità della vegetazione a scala territoriale (Sparks et al., 2024), e ha reso gli incendi più intensi e quindi più difficili da estinguere (Spadoni et al., 2023). Infine, sono cresciute nel tempo le aree riconosciute ad alta vulnerabilità, istituite per proteggere habitat e specie di interesse comunitario, che spesso coincidono con zone ad alto rischio di incendio. In questo quadro, gli incendi hanno interessato in misura crescente anche le aree protette ed i siti della Rete Natura 2000 - principale strumento dell'Unione Europea per la tutela della biodiversità. I report JRC riferiti al periodo 2013-2023 riportano una considerevole incidenza degli incendi entro i siti Natura 2000 in diversi Paesi europei (es. Bulgaria, Croazia, Grecia, Italia, Portogallo, Spagna)

(Figura 1). I dati dello European Forest Fire Information System (EFFIS) pubblicati dalla European Commission, Joint Research Centre (2025), indicano che in anni come il 2022 più del 40% della superficie bruciata complessiva in Europa ha interessato siti Natura 2000, evidenziando come la suscettività della rete ecologica europea al disturbo da fuoco non sia trascurabile e che vadano prese in considerazione le possibili ricadute negative sugli obiettivi di conservazione.

In questo contesto, la definizione di strategie di mitigazione del rischio incendi richiede una integrazione con gli obiettivi europei di conservazione e ripristino degli habitat della Rete Natura 2000. Il Regolamento (UE) 2024/1991, Nature Restoration Law (NRL) (di seguito denominato NRL) si inserisce in questo quadro richiamando la necessità, attraverso il ripristino, di rafforzare la resilienza degli habitat della Rete Natura 2000 alle "catastrofi naturali" (CAPO II, articolo 4), e al tempo stesso puntando sulla capacità degli ecosistemi di contribuire alla mitigazione dei rischi naturali, con particolare riferimento agli incendi boschivi.

Per affrontare il tema della integrazione tra obiettivi di mitigazione del rischio incendi e di conservazione della Rete Natura 2000 è necessario considerare due livelli di analisi: a scala di paesaggio e a scala di popolamento (Musio et al., 2025). La prima coincide con la scala a cui opera la pianificazione e riguarda l'integrazione di obiettivi strategici di conservazione degli habitat negli strumenti di pianificazione previsti per la mitigazione del rischio incendi. In Italia, i piani Regionali di Prevenzione e Lotta attiva (art. 3, L. 353/2000) valutano il rischio per tutta la Regione, definito dalla combinazione fra pericolosità e danno potenziale. Inoltre, alcune Regioni italiane hanno adottato i Piani di prevenzione territoriale (La Mela Veca et al., 2024), uno stru-

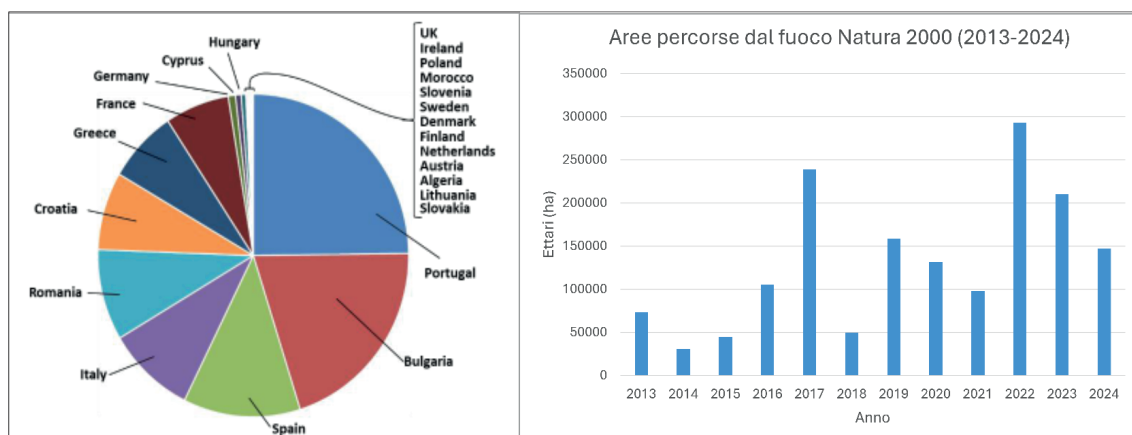


Figura 1 - Presenza degli incendi in siti Natura 2000 e altre aree protette: aree percorse in siti Natura 2000 e altre aree protette nel 2024 (sinistra); superfici (ha) percorse dal fuoco in siti Natura 2000 e altre aree protette dal 2013 al 2024 (destra). (European Commission, Joint Research Centre, 2025).

mento che individua per territori omogenei la distribuzione spaziale e il dimensionamento delle infrastrutture preventive sulla base dell'analisi del rischio e del comportamento atteso dei grandi incendi, caratterizzati da un'elevata capacità distruttiva e di propagazione, es., traiettorie preferenziali di propagazione in specifiche condizioni vegetazionali, orografiche e meteorologiche. Le infrastrutture preventive possono essere ricondotte a due macro-categorie: (i) zone strategiche di supporto alla lotta attiva, che consentono agli operatori antincendio di intervenire con maggiore efficacia e in sicurezza (Gannon et al., 2023); (ii) interventi orientati ad aumentare la resistenza e la resilienza dei servizi ecosistemici svolti dai popolamenti forestali, con l'obiettivo di ridurre la severità post-incendio, mantenere la copertura al suolo e accelerare i tempi di ricostituzione (Low et al., 2023).

Alla scala di paesaggio, la questione centrale è come includere la conservazione della biodiversità nell'analisi del rischio regionale e, successivamente, nella localizzazione strategica delle infrastrutture preventive sul territorio (Musio et al., 2025): quale posizione devono assumere le infrastrutture preventive rispetto ai

siti Natura 2000, alla distribuzione degli habitat e a elementi di protezione prioritaria come le isole di senescenza? In quali condizioni è preferibile collocare infrastrutture all'esterno dei siti della Rete Natura 2000 o prevederne la pianificazione al loro interno? Quali *trade-off* emergono rispetto ad altri obiettivi di protezione, in particolare quelli di protezione civile nelle zone di interfaccia urbano-rurale?

Quando la pianificazione territoriale individua interventi all'interno di aree di conservazione, diventa rilevante la scala di popolamento/infrastruttura preventiva, in cui le scelte strategiche devono tradursi in progetti esecutivi e prescrizioni tecniche coerenti con norme e regolamenti che fanno riferimento sia alla sicurezza degli operatori antincendio che alle misure di conservazione specifiche degli habitat. A questo livello, la priorità è garantire la funzionalità dell'infrastruttura rispetto al comportamento atteso del fuoco. Nel caso di un viale tagliafuoco attivo verde, ad esempio, il dimensionamento deve essere definito in funzione delle caratteristiche del fronte di fiamma in ingresso, in modo da assicurare spazi di manovra adeguati e condizioni operative sicure (Wang et al., 2024). In popolamenti di conifere con

chiome facilmente infiammabili e suscettibili a incendi di chioma, può essere necessario ridurre copertura, provvigione e area basimetrica sotto soglie che modifichino il comportamento potenziale del fuoco e rendano l'azione di spegnimento sicura ed efficace (Ascoli, 2023). Analogamente, nelle infrastrutture orientate all'“auto-resistenza” dei servizi ecosistemici, occorre applicare moduli selvicolturali che aumentino i caratteri di resistenza del popolamento e riducano l'intensità potenziale del fronte di fiamma al di sotto della soglia di tolleranza degli individui arborei, in modo che, dopo il passaggio del fuoco, la copertura forestale resti sufficientemente continua a svolgere funzioni quali la protezione del suolo dall'erosione o dalla caduta massi in contesti montani. La realizzazione di tali moduli richiede spesso interventi anche sul sottobosco, mediante tecniche di riduzione dell'infiammabilità e della continuità dei combustibili (trinciatura meccanica, fuoco prescritto, pascolo prescritto), selezionate e progettate in base a vincoli ecologici e operativi (Lovreglio et al., 2024; Gamba et al., 2025).

È a questa scala che emergono in modo più diretto le questioni di compatibilità con la conservazione della biodiversità: come conciliare obiettivi quali la riduzione dell'infiammabilità del combustibile di superficie e l'aumento della sicurezza per gli operatori antincendio boschivo con le prescrizioni di conservazione habitat specifiche e il raggiungimento di livelli adeguati di necromassa e microhabitat? In che misura le prescrizioni per la prevenzione incendi risultano coerenti e sinergiche con le misure di conservazione e quando, invece, generano conflitti che richiedono adattamenti progettuali o un compromesso negli obiettivi? La risposta a tali domande è sito-specifica e dipende dal regime di fuoco locale, dalla tipologia e sensibilità degli habitat presenti al disturbo da fuoco, dalla vulnerabilità di insediamenti e in-

frastrutture antropiche e dalla presenza di altri servizi ecosistemici fondamentali (es. protezione diretta da massi e valanghe).

L'obiettivo di questo lavoro non è fornire una risposta a tutte queste domande, ma contribuire ad una riflessione più ampia sulle possibili sinergie, conflitti e *trade-off* fra la mitigazione del rischio incendi e la conservazione della Rete Natura 2000 a scala territoriale e di infrastruttura preventiva nel contesto di indirizzi previsti dalla Nature Restoration Law (NRL).

2. QUADRO NORMATIVO: NRL E PREVENZIONE INCENDI A SCALA DI PAESAGGIO E DI POPOLAMENTO IN AREE NATURA 2000

La NRL collega in modo diretto il ripristino ecologico alla gestione delle “catastrofi naturali”, creando un quadro utile per integrare la mitigazione del rischio incendi nella *governance* della Rete Natura 2000. Infatti, la NRL impone che il Piano Nazionale di Ripristino (Capo III) espliciti come le misure proposte contribuiscano a prevenire gli impatti delle “catastrofi naturali” e come si coordinino con altre strategie nazionali relative all'adattamento ai cambiamenti climatici. Una delle finalità operative del ripristino è la mitigazione del rischio incendi boschivi. Inoltre, per gli ecosistemi forestali, l'art. 12, comma 1 richiede che le misure di ripristino a scala di popolamento (es., aumento del legno morto) siano progettate “tenendo conto del rischio incendi”, sottolineando come questo disturbo possa compromettere il raggiungimento degli obiettivi di ripristino (art. 12, comma 4) e necessiti quindi di azioni di mitigazione.

Questi aspetti della NRL interessano quindi entrambe le scale discusse: paesaggio e popolamento. Alla scala di paesaggio, la NRL prevede di includere la mitigazione del rischio

incendi come componente esplicita del Piano Nazionale di Ripristino, in coordinamento con altre strategie nazionali. In Italia, questo obiettivo può avere implicazioni sia sul primo livello (regionale) che sul secondo livello (territoriale) di pianificazione delle azioni di mitigazione del rischio incendi, rispettivamente il Piano Regionale di Previsione Prevenzione e Lotta attiva agli incendi, art. 3 L. 353/2000 (Kirschner et al., 2024) ed i Piani di Prevenzione Territoriale (Cacciatore et al., 2020; La Mela Veca et al., 2024). In particolare, nei piani di secondo livello la pianificazione e localizzazione strategica delle infrastrutture preventive (infrastrutture di supporto alla lotta, popolamenti di auto-resistenza) dovrà essere guidata non solo da criteri di protezione civile, ma tenere in considerazione anche la vulnerabilità di habitat/specie e gli obiettivi di ripristino. Emerge, quindi, la necessità di una zonizzazione del rischio che incroci pericolosità e comportamento atteso dei grandi incendi con la collocazione e sensibilità degli habitat e degli elementi di valore conservazionistico. La nuova zonizzazione del rischio andrebbe così a definire il posizionamento sul territorio delle infrastrutture preventive rispetto ai siti Natura 2000 (all'esterno o all'interno di essi) in modo da evitare che un incendio raggiunga aree sensibili, o per mitigarne la severità nel caso interessi aree Natura 2000 come le Zone Speciali di Conservazione (ZSC) o le Zone di Protezione Speciale (ZPS).

Alla scala di popolamento/infrastruttura preventiva (i.e., progetto esecutivo di un intervento selvicolturale), l'art. 12 della NRL misura il ripristino di un habitat forestale tramite l'andamento di indicatori di biodiversità (es. indice dell'avifauna forestale, legno morto, disetaneità, connettività, stock di carbonio, presenza di specie autoctone, diversità delle specie dello strato arboreo). Tuttavia, la stessa norma impone che tali risultati siano perseguiti

tenendo conto del rischio incendi boschivi. Ne consegue che, nella realizzazione di una infrastruttura preventiva o di un trattamento di auto-resistenza in un popolamento, un progetto esecutivo debba conciliare: (i) requisiti della mitigazione del rischio incendi (riduzione della continuità dei combustibili, incremento della sicurezza degli addetti allo spegnimento, riduzione della probabilità di incendi di chio-ma o di elevata severità) e (ii) mantenimento/incremento degli attributi di biodiversità monitorati dalla NRL. La compatibilità di tali obiettivi dipende dalle prescrizioni degli interventi di un progetto, ad esempio: conseguire una riduzione selettiva delle componenti più infiammabili del combustibile mantenendo quote e distribuzioni di legno morto e microhabitat coerentemente con gli obiettivi di conservazione; progettazione di moduli selvicolturali che aumentino la resistenza al fuoco del popolamento senza compromettere gli indicatori designati.

In sintesi, la NRL introduce aspetti rilevanti per la mitigazione del rischio incendi a entrambe le scale: alla scala di paesaggio impone una coerenza tra ripristino degli habitat Natura 2000 e la riduzione del rischio da incendi; a scala di popolamento/infrastruttura preventiva vincola la progettazione tecnica a risultati di biodiversità misurabili che devono essere raggiunti in modo coerente con gli obiettivi di mitigazione del rischio incendi.

3. MITIGAZIONE DEL RISCHIO INCENDI E CONSERVAZIONE DEGLI HABITAT A SCALA DI PAESAGGIO

A scala di paesaggio, l'obiettivo non è quello di eliminare tutti gli incendi (Moreira et al., 2020). Oltre ad essere un obiettivo irraggiungibile, in quanto il fuoco è un fenomeno intrinseco agli ecosistemi terrestri che emerge

da complesse interazioni fra la sfera biologica, fisica ed antropica su cui non abbiamo controllo, può essere anche controproducente. Infatti, il disturbo da fuoco è un importante processo regolatore della biomassa a scala territoriale che se interrotto genera il noto fenomeno della “trappola dell'estinzione” o “paradosso del fuoco” (Kreider et al., 2024), ovvero l'estinzione degli incendi in condizioni meteorologiche miti aumenta la severità e l'estensione degli incendi in condizioni meteorologiche estreme (Ascoli, 2019). L'obiettivo a questa scala è invece ridurre la probabilità che il regime di disturbo da fuoco assuma caratteristiche di stagionalità, frequenza e severità inconciliabili con la conservazione degli habitat (Plumanns-Pouton et al., 2025), e caratteristiche compatibili con gli obiettivi di mitigazione del rischio incendi (es. sicurezza dei cittadini nelle zone interfaccia urbano-rurale). Questo condizionamento del regime di fuoco può essere perseguito attraverso: (i) la pianificazione strategica delle infrastrutture preventive che intercettino le traiettorie preferenziali degli incendi, per evitare che il fuoco raggiunga zone a rischio elevato (habitat sensibili, zone di interfaccia) (Carrasco et al., 2025); (ii) la protezione delle superfici recentemente percorse dal fuoco, dove il ritorno ravvicinato può determinare un cambiamento di stato degli habitat protetti (Whitman et al., 2019); (iii) l'individuazione di habitat tolleranti al passaggio del fuoco o facilitati dal disturbo da fuoco dove è possibile attuare la strategia basata sull'avanzamento controllato del fronte di fiamma fino a zone prestabilite di “ancoraggio”, in cui si interviene con l'estinzione (Pais et al., 2025).

In tale prospettiva, l'integrazione degli obiettivi della Rete Natura 2000 nei piani Regionali di Previsione, Prevenzione e Lotta attiva agli incendi (primo livello) e nei Piani di Prevenzione Territoriale (secondo livello) diventa un requisito che conduce a pianificare le scelte in base ad un approccio integrato, che pesi la sensibilità

degli habitat, delle zone di interfaccia e dei servizi ecosistemici esposti al rischio incendi. L'analisi territoriale deve, quindi, integrare sia la componente ecologica (tipi di habitat, stato di conservazione, resilienza e resistenza al fuoco), sia la componente di protezione civile (esposizione di persone e infrastrutture, criticità operative per l'attacco iniziale e la sicurezza degli operatori antincendio), che l'analisi dei servizi ecosistemici erogati (carbon stock, protezione diretta, produzione di legno).

Un elemento chiave è la localizzazione spaziale di infrastrutture preventive funzionali alla lotta (zone di supporto) ed alla resistenza degli habitat (popolamenti di auto-resistenza), ovvero la distribuzione strategica di aree gestite attivamente su una piccola porzione del territorio ma in grado di proteggere dagli incendi il resto dell'area protetta. Diversi studi indicano che la gestione su una quota molto ridotta della superficie bruciabile ($\approx 2-4\%$) può produrre diminuzioni significative della probabilità di incendio a scala di paesaggio e all'interno delle aree protette (ordine di grandezza 15-64%), con effetti più marcati in scenari meteo estremi (Liberatore et al., 2021; Musio et al., 2025).

Al contempo, la strategia a scala di paesaggio, deve proteggere aree percorse da incendi in anni recenti (15-30 anni) in modo da evitare che una ripercorrenza frequente del fuoco possa compromettere la funzionalità degli habitat e dei popolamenti forestali non adattati a tempi di ritorno brevi. Infatti, in ambienti forestali sia mediterranei che temperati ed alpini, l'aumento della frequenza degli incendi può portare ad un cambiamento della vegetazione con sostituzione della copertura forestale con copertura erbacea e arbustiva (Maringer et al., 2016; Kasel et al., 2024).

Tuttavia, è da tenere in conto che diversi habitat del territorio italiano presentano adattamenti al disturbo da fuoco capaci di garantirne la resilienza anche con tempi di ritorno inferiori

ai 15-30 anni (Ascoli & Bovio, 2010; Keeley et al., 2011). Perciò, applicare una pianificazione di estinzione selettiva degli incendi prevedendo porzioni di territorio che possano bruciare in condizioni meteorologiche miti (i.e., maggiore umidità dei combustibili e del suolo, contenuta velocità del vento) consente di ridurre l'infiammabilità a scala di paesaggio. In questi casi il fuoco, svolgendo il ruolo di regolatore della biomassa in aree a basso rischio e caratterizzate da habitat adattati ai disturbi, contribuisce al tempo stesso a rendere i paesaggi meno suscettibili a grandi incendi di elevata severità in condizioni meteorologiche estreme (Plumanns-Pouton et al., 2025). Tuttavia, nella pianificazione di queste superfici è necessario porre la giusta attenzione all'esposizione degli elementi vulnerabili, individuati dall'analisi rischio (es. zone di interfaccia, habitat sensibili, foreste di protezione diretta) e alla presenza di infrastrutture preventive che consentono di arginare l'incendio all'interno di alcune porzioni di territorio predefinite (O'Connor et al., 2017).

4. MITIGAZIONE DEL RISCHIO INCENDI, SINERGIE E *TRADE-OFF* CON LE MISURE DI CONSERVAZIONE DELLA BIODIVERSITÀ A SCALA DI POPOLAMENTO

A scala di popolamento, molte misure di mitigazione della pericolosità degli incendi risultano coerenti con obiettivi di conservazione di habitat forestali, in quanto i) orientate a modificare la struttura verticale e orizzontale del popolamento, ii) tendendo a creare una struttura irregolare caratterizzata da più livelli di vegetazione e zone densamente vegetate alternate a spazi aperti, iii) favorendo la diversità specifica e iv) mantenendo gli elementi di rinnovazione utili sia alla resilienza ecologica sia alla riduzione della suscettibilità al fuoco (Musio et al., 2022; Ascoli, 2023). Guardando agli indicatori previ-

sti dalla NRL, tale coerenza si riflette nella potenziale convergenza con indicatori quali foreste disetanee, connettività e diversità arborea.

Le criticità emergono quando gli elementi strutturali richiesti per la conservazione della biodiversità aumentano localmente l'infiammabilità o la probabilità di incendi di chioma, in particolare quando grandi accumuli di necromassa, alberi deperienti ricchi di microhabitat o legno morto, risultino presenti in quantità e con distribuzione tale da incrementare la continuità del combustibile, l'intensità del fuoco e la sua severità (Figura 2). Tuttavia, la compatibilità non va trattata in termini dicotomici: la letteratura scientifica e l'esperienza applicativa dimostrano che la gestione selettiva del combustibile può ridurre la pericolosità incendi a scala di popolamento senza compromettere gli elementi funzionali alla biodiversità, concentrando gli interventi sulle frazioni più infiammabili del combustibile e mantenendo, ove possibile, gli elementi strutturali di maggiore rilevanza ecologica.

Un esempio è la gestione della necromassa a terra: Musio et al. (2025) distinguono tra necromassa di classi dimensionali maggiori (utile ai target di conservazione) e classi inferiori che, pur essendo rilevanti per la propagazione e l'intensità del fuoco, non sono generalmente centrali nei target conservazionistici. Perciò, una riduzione selettiva delle frazioni fini (es. con la tecnica del fuoco prescritto) può diminuire la pericolosità senza generare un contrasto diretto con gli obiettivi di protezione dell'habitat. Inoltre, la distribuzione spaziale del legno morto può influenzare negativamente le operazioni di spegnimento: concentrazioni elevate in prossimità delle zone di supporto alla lotta possono amplificare la produzione di fumo creando criticità operative, con ricadute sulla sicurezza e sull'efficacia della lotta attiva.

Questa impostazione è pienamente allineata alla NRL, che per le foreste impone l'inc-



Figura 2 - Accumulo di necromassa nell'habitat 9260 - Boschi di *Castanea sativa*.

mento (come andamento a scala nazionale) di indicatori della biodiversità, tra cui legno morto in piedi e a terra, ma contemporaneamente richiede che le misure siano progettate tenendo conto del rischio incendi. In altri termini, la norma non impone un aumento “non governato” del combustibile, al contrario esplicita la necessità di individuare dei *trade-off* fra gli obiettivi di conservazione della biodiversità e le tecniche di riduzione della pericolosità all'interno delle infrastrutture preventive. Come discusso al paragrafo 3, le infrastrutture preventive (zone di supporto, popolamenti di auto-resistenza) sono limitate a superfici strategiche, spesso inferiori al 2-4% della superficie totale potenzialmente percorribile da incendio, ma in grado di massimizzare l'effetto protettivo sul restante mosaico di habitat, minimizzando le aree in cui è necessario trovare dei compromessi fra la necessità di mitigare la pericolosità incendi ed il raggiungimento degli obiettivi di ripristino previsti dalla NRL.

5. CONCLUSIONI

Il quadro delineato in questo lavoro evidenzia come l'integrazione tra gli obiettivi di ripristino della Nature Restoration Law (NRL)

e la mitigazione del rischio incendi nella rete Natura 2000 sia un passaggio obbligato per garantire l'efficacia delle politiche di conservazione in un contesto di aumento della severità degli incendi. Infatti, la NRL richiede che il Piano Nazionale di Ripristino espliciti il contributo delle misure di ripristino alla prevenzione/attenuazione degli impatti delle catastrofi naturali. In questo senso, la mitigazione del rischio incendi può essere interpretata come componente strutturale della resilienza ecologica che il ripristino intende conseguire. Inoltre, la NRL richiede che le misure forestali basate su indicatori di biodiversità siano progettate tenendo conto del rischio di incendi boschivi adottando buone pratiche di prevenzione. Questo implica che l'incremento degli attributi ecologici monitorati (es. legno morto, disetaneità, diversità arborea) debba essere perseguito in modo compatibile con la riduzione della probabilità di incendi ad alta severità. Sul piano ecologico, incendi severi e ripercorrenze ravvicinate nel tempo possono compromettere habitat e specie target, causando cambiamenti di tipi di copertura del suolo e riducendo la capacità di recupero naturale (Palm et al., 2022; Ermitão et al., 2024). Ne deriva che il ripristino, se non accompagnato da misure di mitigazione della pericolosità, rischia di essere

instabile (Moghli et al., 2025). Sul piano gestionale, una mitigazione efficace del rischio richiede strumenti che operino su scale diverse (pianificazione a scala di paesaggio, infrastrutture preventive, interventi selvicolturali a scala di popolamento) integrandosi coerentemente nella *governance* Natura 2000, per non risultare frammentari o generare conflitti autorizzativi tra obiettivi di conservazione e requisiti di protezione civile.

L'analisi qui proposta suggerisce che la compatibilità tra ripristino e mitigazione degli incendi si giochi su due scale. La prima è la pianificazione integrata a scala di paesaggio che implica gerarchizzazione delle priorità e localizzazione strategica delle infrastrutture preventive in funzione del comportamento atteso dei grandi incendi e della distribuzione spaziale del valore conservazionistico (habitat sensibili, aree di interfaccia, foreste di protezione diretta e servizi ecosistemici vulnerabili). In Italia, questo orientamento può essere tradotto operativamente raccordando il Piano Nazionale di Ripristino con i Piani Regionali di Previsione, Prevenzione e Lotta attiva (L. 353/2000) delle Regioni e con i Piani di Prevenzione Territoriale dove presenti (es. Regione Piemonte, <https://tinyurl.com/yyef6csy>), favorendo l'integrazione dei siti Natura 2000 nelle analisi del rischio e nelle scelte di localizzazione di zone di supporto alla lotta e dei popolamenti di auto-resistenza. Inoltre, un ulteriore passo in avanti può derivare da una maggior coerenza tra l'analisi del rischio incendi nei parchi nazionali con quella della Regione in cui si trovano come prevista dal Piano AIB regionale. A scala di popolamento, la progettazione esecutiva delle infrastrutture preventive, deve includere prescrizioni in grado di conciliare requisiti di riduzione della continuità dei combustibili e sicurezza operativa con il mantenimento/incremento degli indicatori di biodiversità richiesti dalla NRL.

Infine, rimane necessario trattare in modo esplicito i *trade-off*. Interventi orientati a ridurre l'inflammabilità e a garantire condizioni operative sicure possono interferire con prescrizioni habitat-specifiche (microhabitat, necromassa, dinamiche di rinnovazione). Tuttavia, l'evidenza gestionale indica che tali conflitti possono essere superati con soluzioni sito-specifiche, basate su: (i) intensificazione degli interventi nelle aree di massima esposizione e lungo le traiettorie di propagazione preferenziale degli incendi ricorrenti in un territorio; (ii) protezione degli habitat più sensibili attraverso l'integrazione della prevenzione diretta con infrastrutture preventive con quella indiretta che emerge dal mosaico di zone agricole, forestali gestite, e habitat aperti (Corona et al., 2015; Ascoli et al., 2023); (iii) gestione differenziata per habitat in funzione della loro sensibilità al fuoco e del regime di disturbo compatibile con le loro caratteristiche di resistenza e resilienza, includendo - dove appropriato e pianificato - strategie di estinzione selettiva e di condizionamento del regime di fuoco per evitare il superamento del limite ecologico degli habitat sfruttando al tempo stesso il passaggio del fuoco in aree non sensibili e a basso rischio come processo regolatore dell'inflammabilità a scala di paesaggio.

In sintesi, la NRL e la mitigazione del rischio incendi non rappresentano obiettivi necessariamente conflittuali: la norma incorpora la dimensione della resilienza e della prevenzione dei disastri ecologici e, per le foreste, richiede che il ripristino sia pianificato tenendo conto del rischio incendi. La traduzione operativa nei siti Natura 2000, consiste in un sistema integrato di prevenzione in cui le infrastrutture e i trattamenti più incisivi siano confinati a superfici strategiche limitate (2-4% della superficie bruciabile), mentre la gestione ordinaria persegue simultaneamente obiettivi di biodiversità, ripristino e riduzione della

suscettibilità al fuoco. In questa prospettiva, il Piano Nazionale di Ripristino può diventare lo strumento istituzionale per formalizzare l'integrazione tra conservazione, ripristino e protezione civile.

RIASSUNTO

I cambiamenti nel regime di incendi in Europa stanno aumentando l'esposizione della rete Natura 2000 al disturbo da fuoco, con ricadute sulla conservazione e sul ripristino di habitat e specie di interesse comunitario. Il Regolamento (UE) 2024/1991 (*Nature Restoration Law*, NRL) introduce obiettivi vincolanti di ripristino e di incremento della resilienza degli ecosistemi alle "catastrofi naturali", "tenendo conto dei rischi di incendi boschivi" nella pianificazione di misure di gestione per le foreste. Questo lavoro analizza a scala di (i) paesaggio/territoriale e di (ii) popolamento/infrastruttura preventiva, le sinergie e i potenziali conflitti tra obiettivi di ripristino/conservazione e strategie di mitigazione del rischio incendi in aree Natura 2000. A scala di paesaggio, attraverso la localizzazione di infrastrutture preventive in grado di ridurre la probabilità che il disturbo da fuoco assuma caratteristiche di frequenza, stagionalità e severità incompatibili con la sensibilità al fuoco degli habitat e di altri obiettivi (es. interfaccia urbano-rurale). A scala di popolamento/infrastruttura preventiva, la progettazione degli interventi deve conciliare i requisiti funzionali alla lotta antincendi boschivi con il conseguimento degli obiettivi previsti dalla NRL. Il presente lavoro mette in evidenza come la NRL offra un quadro normativo favorevole a strategie *fire-smart* per la riduzione della pericolosità e conservazione degli habitat della Rete Natura 2000 basate su un approccio sito-specifico.

BIBLIOGRAFIA

- Ascoli, D. (2019). Il Paradosso del fuoco: si può spiegare in 5000 caratteri? *Sherwood*, (241).
- Ascoli, D. (2023). Piro-selvicultura in pinete di pino silvestre. *Sherwood*, (267), 36–37.
- Ascoli, D., & Bovio, G. (2010). Tree encroachment dynamics in heathlands of north-west Italy: The fire regime hypothesis. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 3(5), 137–143. <https://doi.org/10.3832/ifer0548-003>
- Ascoli, D., Plana, E., Oggioni, S. D., Tomao, A., Colonico, M., Corona, P., Giannino, F., Moreno, M., Xanthopoulos, G., Kaoukis, K., Athanasiou, M., Colaco, M. C., Rego, F., Sequeira, A. C., Acacio, V., Serra, M., & Barbati, A. (2023). Fire-smart solutions for sustainable wildfire risk prevention: Bottom-up initiatives meet top-down policies under EU green deal. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 92, 103715. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.103715>
- Cacciatore, I., Calvani, G., Delogu, G. M., Gottero, F., & Romano, R. (2020). Pianificazione della prevenzione degli incendi boschivi: L'approccio a differenti scale. *Sherwood*, (247), 18–21.
- Carrasco, J., Gonzalez-Olabarria, J. R., Palacios, D. M. R., Garcia-Gonzalo, J., & Weintraub, A. (2025). Multicriteria firebreak planning for protecting ecological and cultural values under Wildfire risk: A case study in Catalonia. *Environmental and Sustainability Indicators*, 25, 100956. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.100956>
- Corona, P., Ascoli, D., Barbati, A., Bovio, G., Colangelo, G., Elia, M., Garfi, V., Iovino, F., Laforteza, R., Leone, V., Lovreglio, R., Marchetti, M., Marchi, E., Menguzzato, G., Nocentini, S., Portoghesi, L., Puletti, N., Sanesi, G., & Chianucci, F. (2015). Integrated forest management to prevent wildfires under Mediterranean environments. *Annals of Silvicultural Research*, 39(1), 1–22. <https://doi.org/10.12899/ASR-946>
- Ermitão, T., Gouveia, C. M., Bastos, A., & Russo, A. C. (2024). Recovery following recurrent fires across Mediterranean ecosystems. *Global Change Biology*, 30(12), e70013. <https://doi.org/10.1111/gcb.70013>
- European Commission, Joint Research Centre. (2025). *Advance report on Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2024* (J. San-Miguel-Ayaz et al., Eds.). Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/1264626>
- Gamba, R., Negri, S., Bono, A., Cavalletto, S., Crivellaro, A., Piermattei, A., Canale, L., Chicarella, A., Ughetti, M., Motta, R., Ascoli, D., Bonifacio, E., & Secchi, F. (2025). Prescribed burning has negligible effects on the plant-soil system in *Pinus sylvestris* L. forests of the European Alps. *Scientific Reports*, 15(1), 12076. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-97239-1>
- Gannon, B., Wei, Y., Belval, E., Young, J., Thompson, M., O'Connor, C., Calkin, D., & Dunn, C.

- (2023). A quantitative analysis of fuel break effectiveness drivers in Southern California National Forests. *Fire*, 6(3), 104. <https://doi.org/10.3390/fire6030104>
- Garroussi, E. L., Di Giuseppe, S., Barnard, F. C., & Wetterhall, F. (2024). Europe faces up to tenfold increase in extreme fires in a warming climate. *npj Climate and Atmospheric Science*, 7, 30. <https://doi.org/10.1038/s41612-024-00575-8>
- Kasel, S., Fairman, T. A., & Nitschke, C. R. (2024). Short-interval, high-severity wildfire depletes diversity of both extant vegetation and soil seed banks in fire-tolerant eucalypt forests. *Fire*, 7(4), 148. <https://doi.org/10.3390/fire7040148>
- Keeley, J. E., Bond, W. J., Bradstock, R. A., Pausas, J. G., & Rundel, P. W. (2011). *Fire in Mediterranean ecosystems: Ecology, evolution and management*. Cambridge University Press.
- Kirschner, J. A., Ascoli, D., Moore, P., Clark, J., Calvani, S., & Boustras, G. (2024). Governance drivers hinder and support a paradigm shift in wildfire risk management in Italy. *Regional Environmental Change*, 24(1), 13. <https://doi.org/10.1007/s10113-023-02174-4>
- Kreider, M. R., Higuera, P. E., Parks, S. A., Rice, W. L., White, N., & Larson, A. J. (2024). Fire suppression makes wildfires more severe and accentuates impacts of climate change and fuel accumulation. *Nature Communications*, 15, 2412. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-46702-0>
- La Mela Veca, D. S., Piroli, E., Bacciu, V., Barbera, G., Brunori, A., Calvani, G., Delogu, G. M., Elia, M., La Mantia, T., Laschi, A., Lovreglio, R., Masiero, M., Salis, M., Tonarelli, L., Motta, R., & Ascoli, D. (2024). Governare gli incendi in Italia: superare l'emergenza, pianificare la prevenzione. *Forest@ - Journal of Silviculture and Forest Ecology*, 21(1), 37–44. <https://doi.org/10.3832/efor4606-021>
- Liberatore, F., Léon, J., Hearne, J., & Vitoriano, B. (2021). Fuel management operations planning in fire management: A bilevel optimisation approach. *Safety Science*, 137, 105181. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105181>
- Lovreglio, R., Lovreglio, J., Satta, G. G. A., Mura, M., & Pulina, A. (2024). Assessing the role of forest grazing in reducing fire severity: A mitigation strategy. *Fire*, 7(11), 409. <https://doi.org/10.3390/fire7110409>
- Low, K. E., Battles, J. J., Tompkins, R. E., Dillingham, C. P., Stephens, S. L., & Collins, B. M. (2023). Shaded fuel breaks create wildfire-resilient forest stands: Lessons from a long-term study in the Sierra Nevada. *Fire Ecology*, 19, 29. <https://doi.org/10.1186/s42408-023-00187-2>
- Marchi, E. (2010). Approccio integrato alla difesa dagli incendi boschivi. In *Atti del III Congresso Nazionale di Selvicoltura* (Taormina, 16-19 ottobre 2008).
- Maringer, J., Conedera, M., Ascoli, D., Schmatz, D. R., & Wohlgemuth, T. (2016). Resilience of European beech forests (*Fagus sylvatica* L.) after fire in a global change context. *International Journal of Wildland Fire*, 25(6), 699–710. <https://doi.org/10.1071/WF15127>
- Moghli, A., Baeza, M. J., Soliveres, S., & Santana, V. M. (2025). Restoring resilient Mediterranean landscapes: Long-term benefits of integrated post-fire management for ecosystem multifunctionality. *Journal of Environmental Management*, 394, 127316. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.127316>
- Moreira, F., Ascoli, D., Safford, H., Adams, M. A., Moreno, J. M., Pereira, J. M., Catry, F. X., & Fernandes, P. M. (2020). Wildfire management in Mediterranean-type regions: Paradigm change needed. *Environmental Research Letters*, 15(1), 011001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab541e>
- Musio, L., Vecchio, D., Berretti, R., Bono, A., Meloni, F., Motta, R., Ascoli, D., Caffo, L., Accastello, C., Momo, E., & Dotta, A. (2022). Prevenzione degli incendi di chioma. Prescrizioni selvicolturali per boschi montani di conifere. *Sherwood*, (260), 13–16.
- Musio, L., Berretti, R., Gamba, R., & Ascoli, D. (2025). LIFE GoProForMED tra prevenzione incendi e biodiversità: Pianificare le sinergie per ridurre i conflitti. *Sherwood*, (279), 29–32.
- O'Connor, C. D., Calkin, D.E., & Thompson, M.P. (2017). An empirical machine learning method for predicting potential fire control locations for pre-fire planning and operational fire management. *International Journal of Wildland Fire*, 26(7), 587–597. <https://doi.org/10.1071/WF16135>
- Pais, S., Campos, J., Aquilué, N., Brotons, L., Honrado, J. P., Fernandes, P. M., & Regos, A. (2025). The role of fire as a restoration tool for biodiversity and fire regimes in abandoned mountain areas of southern Europe. *Fire Ecology*, 21, 65. <https://doi.org/10.1186/s42408-025-00422-y>
- Palm, E. C., Sutor, M. J., Joly, K., Herriges, J. D., Kelly, A. P., Hervieux, D., Russell, K. L. M., Bentzen, T. W., Larter, N. C., & Hebblewhite, M. (2022). Increasing fire frequency and severity will increase

- habitat loss for a boreal forest indicator species. *Ecological Applications*, 32(3), e2549. <https://doi.org/10.1002/eap.2549>
- Plumanns-Pouton, E., Bakx, T. R., Buitenwerf, R., Espelta, J. M., Moreira, F., Regos, A., ... & Brotons, L. (2025). Restoring fire regimes through rewilding. *Current Biology*, 35(13), R670–R686. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2025.04.026>
- Spadoni, G. L., Moris, J. V., Vacchiano, G., Elia, M., Garbarino, M., Sibona, E., ... & 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>
- Sparks, A. M., Manoudakis, S., Konstantinos, A., Sismanis, M., Boschetti, L., Gitas, I. Z., & Kalaitzidis, C. (2024). Assessing the effects of landcover and land use change on wildfire exposure and risk to communities and olive orchards in Mediterranean landscapes. *Science of the Total Environment*, 957, 177723. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177723>
- Wang, H., Zhang, K., Qin, Z., Gao, W., & Wang, Z. (2024). Refining ecological techniques for forest fire prevention and evaluating their diverse benefits. *Fire*, 7(4), 129. <https://doi.org/10.3390/fire7040129>
- Whitman, E., Parisien, M. A., Thompson, D. K., & Flannigan, M. D. (2019). Short-interval wildfire and drought overwhelm boreal forest resilience. *Scientific Reports*, 9, 18796. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55036-7>