L'ITALIA FORESTALE E MONTANA

Italian Journal of Forest and Mountain Environments

published by the Italian Academy of Forest Sciences

REVIEW
81 (3): 145-159, 2026 doi: 10.36253/ifm-1261

Armed conflicts and forest ecosystems: ecological impacts, ecosystem services and challenges for restoration

Conflitti armati ed ecosistemi forestali: impatti ecologici, servizi ecosistemici e sfide per il ripristino

Lorenzo Ciccarese [(a)(*)] - Elena Stefanoni [(b)]

[(a)] Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, via Garigliano 61/a - 00198 Roma.
[(b)] Esperta legale ambientale e di cooperazione allo sviluppo.
[(*)] Corresponding Author; renzociccarese@gmail.com

Abstract: Armed conflicts are an emerging threat to forest ecosystems, triggering degradation processes that extend far beyond the duration of hostilities. Military operations generate direct impacts, including vegetation destruction, wildfires, habitat fragmentation, soil and water contamination, and wildlife mortality, thereby immediately impairing ecosystem structure and functioning. These are accompanied by indirect impacts arising from the collapse of environmental governance, unsustainable exploitation of forest resources, disruption of forest management and environmental monitoring, the spread of invasive alien species, and the erosion of socio-ecological resilience, with consequences that may persist for decades. This review examines the main mechanisms of forest ecosystem degradation based on recent scientific literature, major international assessments, and the findings of the UNEP *Global Environment Outlook 7* (GEO-7), drawing on evidence from case studies in Ukraine, the Balkans, Tigray, and the Middle East. It also reviews post-conflict forest restoration approaches, highlighting restoration methodologies, costs, recovery times, and key sources of uncertainty. Finally, the paper discusses the role of international environmental cooperation and institutional capacity building as essential components for restoring forest ecosystems while supporting ecological recovery, socio-ecological resilience, and sustainable peacebuilding.

Key words: armed conflicts; forests; ecosystem services; forest degradation; forest restoration; international cooperation.

Citation: Ciccarese, L., & Stefanoni, E. (2026). Conflitti armati ed ecosistemi forestali: impatti ecologici, servizi ecosistemici e sfide per il ripristino. *L'Italia Forestale e Montana, 81*(3), 145-159. https://dx.doi.org/10.36253/ifm-1261

Received: 16/05/2026 **Revised version:** 23/07/2026 **Published online:** 13/11/2026

1. Introduzione

Il sistema globale contemporaneo è caratterizzato da una crescente instabilità sistemica, in cui crisi ambientali, geopolitiche ed economiche si intersecano e si rafforzano reciprocamente, generando dinamiche di rischio complesso e multilivello.

In tale contesto, i conflitti armati rappresentano una delle manifestazioni più evidenti di queste tensioni. Attualmente, a scala globale, si osserva un livello senza precedenti di

© 2026 Author(s). This is an open access, peer-reviewed article published by the Italian Academy of Forest Sciences and distributed by Firenze University Press under the terms of the Creative Commons Attribution License.

conflittualità: oltre 130 conflitti armati sono attivi, circa il doppio rispetto a quindici anni fa (ICRC, 2026). Parallelamente, circa 204 milioni di persone vivono in aree sotto il controllo totale o parziale di gruppi armati, spesso al di fuori della giurisdizione statale e dell'accesso ai servizi essenziali. Le conseguenze umanitarie risultano pervasive e sistemiche, includendo elevati livelli di mortalità e morbilità tra la popolazione civile, distruzione delle infrastrutture critiche ed esodi forzati su larga scala. Secondo le stime più recenti, il numero di persone sfollate a livello globale ha raggiunto i 117 milioni nel 2025 (UNHCR, 2026), evidenziando la natura prolungata e strutturale dei conflitti contemporanei. In numerosi contesti, intere generazioni crescono in condizioni di conflitto cronico, con effetti che si estendono ben oltre le aree direttamente interessate dalle operazioni militari. Tali dinamiche contribuiscono ad amplificare le disuguaglianze socio-economiche e a esercitare pressioni crescenti sugli ecosistemi naturali.

In questo quadro, la relazione tra conflitti armati e degrado ambientale si configura come una delle intersezioni più rilevanti nell'ambito dell'ecologia globale e della governance ambientale. I conflitti armati possono essere interpretati come driver ecologici di primo ordine, in grado di alterare in modo significativo struttura, composizione e funzionamento degli ecosistemi. Il *Global Environment Outlook 7* sottolinea come il degrado ambientale costituisca ormai una componente strutturale delle crisi globali, strettamente interconnessa con instabilità politica, insicurezza alimentare, declino della biodiversità, inquinamento e cambiamento climatico (UNEP, 2025).

Le foreste rappresentano un elemento chiave all'interno di questa interazione. Esse svolgono un ruolo cruciale nella regolazione del clima globale attraverso lo stoccaggio di carbonio (IPCC, 2023), nella conservazione della biodiversità e nella regolazione dei cicli idrologici (MEA, 2005), oltre a sostenere i mezzi di sussistenza e i sistemi socio-culturali di oltre 1,6 miliardi di persone, in particolare nelle regioni tropicali e subtropicali caratterizzate da elevata incidenza di conflitti (FAO, 2025a).

Proprio questa multifunzionalità rende gli ecosistemi forestali particolarmente vulnerabili agli impatti dei conflitti armati, i quali agiscono simultaneamente su componenti strutturali, composizionali e funzionali.

Proprio in quanto sistemi complessi caratterizzati da dinamiche di recupero lente e non lineari, le foreste risultano altamente sensibili a perturbazioni acute e prolungate. L'esposizione a stress bellici continuativi può determinare transizioni verso stati degradati, talvolta irreversibili, con traiettorie di cambiamento che si estendono su scale temporali di lungo periodo.

A tale proposito è utile ricordare che in ecologia il termine stress indica l'azione di fattori ambientali, biotici o abiotici, che alterano il normale funzionamento degli organismi o degli ecosistemi, influenzandone la sopravvivenza, la crescita, la riproduzione e la resilienza (Odum & Barrett, 2005; Schulte, 2014).

Nel contesto dei conflitti armati, tali pressioni assumono caratteristiche peculiari e vengono qui indicate con il termine stress bellici, intesi come l'insieme dei fattori di pressione ambientale generati direttamente o indirettamente dalle attività militari. Pur non costituendo una definizione formalmente codificata nella letteratura ecologica, il termine richiama il concetto di *war-related environmental stressors* sviluppato nell'ambito della *warfare ecology*, disciplina che studia gli effetti dei conflitti armati sugli ecosistemi nelle fasi di preparazione, svolgimento e post-conflitto (Hanson et al., 2009).

Gli stress bellici non agiscono come singoli fattori di disturbo, ma come un complesso di pressioni simultanee e interconnesse che alterano la struttura, il funzionamento e la

resilienza degli ecosistemi forestali. L'azione si estende ben oltre i danni immediatamente provocati dalle operazioni militari, innescando processi di degradazione che possono persistere per molti anni dopo la fine delle ostilità e che mettono in discussione l'efficacia degli approcci convenzionali di gestione forestale, conservazione e restauro ecologico. Comprendere i meccanismi attraverso cui tali pressioni agiscono rappresenta quindi un passaggio essenziale per definire strategie di recupero efficaci e capaci di integrare le dimensioni ecologiche, socioeconomiche e istituzionali.

2. Meccanismi di degradazione: impatti diretti e indiretti su specie e habitat forestali

I conflitti armati degradano gli ecosistemi forestali attraverso una pluralità di meccanismi tra loro strettamente interconnessi, riconducibili, pur con inevitabili sovrapposizioni, a effetti diretti e indiretti (Tabella 1). I primi derivano dalle operazioni militari e provocano danni immediati alla vegetazione, agli habitat e alla fauna; i secondi sono invece conseguenza delle profonde trasformazioni socioeconomiche, istituzionali e territoriali indotte dalla guerra e possono protrarsi per decenni, amplificando il degrado ambientale e rallentando i processi di recupero degli ecosistemi (Certini et al., 2013; Pereira et al., 2022; Landholm et al., 2019; Rawtani et al., 2022; Novakovska et al., 2025; Garcês & Pires, 2025; Mudrak et al., 2025; Semenenko et al., 2025).

2.1 *Impatti diretti*

Tra gli impatti diretti rientrano la distruzione immediata degli habitat forestali per effetto di bombardamenti, incendi deliberati o accidentali, allagamenti, costruzione di infrastrutture militari e movimenti fuoristrada di mezzi pesanti, abbattimenti di alberi per approvvigionamento bellico. Tali attività frammentano i paesaggi, interrompono la continuità ecologica tra popolazioni vegetali e animali e compromettono la connettività degli habitat, elementi essenziali per i processi di dispersione, rigenerazione e adattamento degli ecosistemi forestali.

La formazione di crateri, la compattazione dei suoli e la distruzione dello strato superficiale fertile modificano inoltre le caratteristiche fisiche e pedologiche del territorio, riducendo la capacità rigenerativa naturale delle foreste. In questo senso, un elemento particolarmente critico è rappresentato dalla contaminazione ambientale diffusa derivante dalle attività belliche (Pereira et al., 2022; Semenenko et al., 2025). Le battaglie, infatti, rilasciano nei suoli e nelle acque numerose sostanze tossiche, tra cui metalli pesanti come piombo, cadmio, litio, rame e mercurio, composti esplosivi persistenti quali TNT (trinitrotoluene, noto anche come tritolo) e RDX (ciclotrimetilentrinitroammina, noto come T4), idrocarburi policiclici aromatici derivanti sia dalla combustione di combustibili e materiali di ogni genere sia da sversamento da serbatoi di vario tipo, residui di uranio impoverito e rifiuti tossici associati alle munizioni utilizzate (Certini et al., 2013). Uno studio di Semenenko et al. (2025) condotto in Ucraina ha stimato che a causa del conflitto in corso la contaminazione del suolo da metalli pesanti ha raggiunto: 450 mg/kg di piombo e 6,5 mg/kg di cadmio nella foresta di Izium; 1390 mg/kg di piombo e 5,2 mg/kg di cadmio nella foresta di Sviatohirsk; 280 mg/kg di piombo e 3,8 mg/kg di cadmio nella foresta di Chernihiv; 320 mg/kg di piombo e 4,1 mg/kg di cadmio nella foresta di Kherson. In più, la guerra in Ucraina ha rivelato una nuova fonte di inquinamento di tipo sia fisico sia chimico: i cavi lasciati dai quadricotteri guidati da fibra ottica.

Queste tipologie di contaminanti alterano profondamente la struttura chimica e biologi-

Tabella 1 - Principali impatti dei conflitti armati su ecosistemi e servizi ecosistemici.

Categoria di impatto	Meccanismi principali	Componenti forestali colpite	Effetti ecologici	Esempi
Distruzione fisica della copertura forestale	Bombardamenti, incendi, infrastrutture militari, esplosioni	Alberi, orizzonte superficiale del suolo, sottobosco, radici e soprassuolo forestali	Perdita di biomassa, rottura dei fusti, ridotta rigenerazione naturale, compattazione e rimescolamento degli strati	Crateri da bombardamento, incendi di guerra
Alterazioni biogeochimiche	Shock termici, esplosioni, rimescolamento degli strati, contaminazione da metalli pesanti, esplosivi, idrocarburi, uranio impoverito	Suolo forestale, acqua, microbiota	Riduzione fertilità, alterazione cicli del carbonio e nutrienti, tossicità ecosistemica	TNT (tritolo), RDX (T4), Pb, Hg, Cd, Li, Cu
Frammentazione ecologica e alterazioni idrologiche	Distruzione infrastrutture ambientali, incendi estesi, collasso idrologico	Paesaggi forestali, bacini idrografici, torbiere	Perdita di connettività, alterazione flussi idrici, emissioni di carbonio	Diga di Kakhovka, incendi nelle torbiere della Polesia
Destabilizzazione socio-ecologica	Sfollamenti, crisi istituzionale, sfruttamento risorse	Ecosistemi forestali gestiti e non gestiti	Deforestazione secondaria, prelievi eccessivi, degrado prolungato	Raccolta legna, taglio illegale, uso di sussistenza

ca del suolo, distruggono le comunità microbiche, riducono la fertilità e interferiscono con i processi di rigenerazione forestale naturale, rendendo spesso impossibile la resilienza degli ecosistemi (Novakovska et al., 2025).

Oltre alla contaminazione chimica, le esplosioni e gli ordigni danneggiano in modo permanente lo strato fertile del terreno, alterano il bilancio idrico e intensificano i processi erosivi; anche le operazioni di sminamento possono aggravare ulteriormente il degrado dei suoli (Mudrak et al., 2025).

In diversi contesti di guerra, come quello ucraino e quello balcanico, milioni di ettari di suoli agricoli e forestali risultano ora inutilizzabili a causa della contaminazione e della presenza di mine e di ordigni inesplosi, ostacolando il recupero ecologico e produttivo del territorio.

La degradazione forestale è inoltre strettamente connessa alle alterazioni dei regimi idrologici. La distruzione di infrastrutture idriche può modificare improvvisamente i flussi d'acqua, causando inondazioni, drenaggio di zone umide e alterazioni dei cicli stagionali. Questi cambiamenti si propagano agli ecosistemi forestali influenzando l'umidità del suolo, la disponibilità di nutrienti e la distribuzione delle specie vegetali e animali (Krainiuk et al., 2025). Gli ecosistemi forestali associati a zone umide e torbiere risultano particolarmente

vulnerabili: gli incendi provocati dalle attività militari possono bruciare la sostanza organica accumulata nei suoli, liberando enormi quantità di carbonio immagazzinato e contribuendo all'accumulo di gas serra in atmosfera, con effetti di retroazione (feedback positivi, nel gergo) che aggravano ulteriormente l'instabilità climatica e forestale.

Le conseguenze sulla biodiversità di specie e genetica si manifestano sia nel breve sia nel lungo periodo. Nell'immediato, si osserva una mortalità diretta della fauna causata da esplosioni e incendi. Inoltre, le attività militari modificano il comportamento della fauna selvatica attraverso rumore, vibrazioni e presenza continuativa dell'uomo, causando spostamenti forzati, alterazioni delle rotte migratorie, riduzione del successo riproduttivo e perdita di connettività ecologica. Gli effetti risultano particolarmente gravi per le specie con ridotta capacità dispersiva o caratterizzate da elevata specializzazione ecologica (Garcês & Pires, 2025). Successivamente, emergono effetti più persistenti, quali declino delle popolazioni, riduzione della diversità genetica, perdita di habitat specialistici ed estinzioni locali o regionali di specie vulnerabili.

Tra gli effetti indiretti dei conflitti armati assume crescente rilevanza anche l'aumento del rischio di introduzione e diffusione di specie aliene invasive, oggi riconosciute tra i principali driver globali della perdita di biodiversità (IPBES, 2019, 2023). Le operazioni militari comportano infatti movimenti continui di mezzi, equipaggiamenti, materiali, legname e personale tra regioni e Paesi diversi, favorendo il trasporto accidentale di semi, insetti, funghi fitopatogeni e altri organismi. Parallelamente, la distruzione della copertura forestale, la frammentazione degli habitat e il disturbo dei suoli generano condizioni particolarmente favorevoli all'insediamento delle specie opportuniste, mentre il collasso dei sistemi di sorveglianza fitosanitaria e di biosicurezza riduce la capacità di individuare e contenere tempestivamente nuove invasioni biologiche (Santini et al., 2023). Le specie invasive possono quindi modificare le traiettorie della successione ecologica, competere con la vegetazione autoctona, alterare i cicli biogeochimici e compromettere la resilienza degli ecosistemi forestali, aumentando la vulnerabilità degli habitat e rendendo più complessi e costosi gli interventi di ripristino.

In generale, tali alterazioni producono effetti a cascata sulle reti trofiche e sulle funzioni ecologiche fondamentali, compromettendo processi come impollinazione, dispersione dei semi, cicli dei nutrienti, regolazione idrologica e purificazione dell'acqua.

2.2 *Gli impatti indiretti*

Nella maggior parte dei conflitti moderni, gli impatti indiretti risultano spesso più estesi e persistenti dei danni immediati. Il collasso delle istituzioni, l'interruzione delle attività di monitoraggio e gestione forestale, l'indebolimento dei sistemi di controllo e l'aumento dell'insicurezza favoriscono infatti il disboscamento illegale, il bracconaggio, l'occupazione incontrollata del territorio e lo sfruttamento non sostenibile delle risorse naturali (Landholm et al., 2019; UNEP, 2019).

Gli spostamenti di popolazione e il deterioramento delle condizioni economiche determinano frequentemente una maggiore dipendenza diretta dalle risorse forestali per soddisfare bisogni energetici, alimentari e abitativi. Parallelamente, le stesse operazioni belliche incrementano la domanda di prodotti forestali legnosi e non legnosi destinati a esigenze logistiche e militari, tra cui l'approvvigionamento di legname per infrastrutture temporanee, fortificazioni, opere difensive e combustibile, nonché l'utilizzo di suolo e altri materiali naturali per la realizzazione di postazioni e infrastrutture operative (Di

Stefano, 2025). In generale, l'aumento del prelievo di legna da ardere, carbone vegetale, prodotti forestali non legnosi e fauna selvatica può rapidamente superare la capacità di rigenerazione degli ecosistemi, aggravando processi di deforestazione e degrado già innescati dalle operazioni militari.

Anche l'abbandono delle pratiche di gestione sostenibile contribuisce al deterioramento degli ecosistemi. La mancata esecuzione di interventi selvicolturali indirizzati alla manutenzione della viabilità forestale, alla prevenzione degli incendi e al controllo delle specie invasive altera i processi ecologici, aumenta la vulnerabilità agli incendi e favorisce la diffusione di fitopatie e specie alloctone.

Un ulteriore effetto, spesso sottovalutato, riguarda la perdita delle capacità istituzionali e tecniche. La distruzione delle infrastrutture forestali, dei vivai, dei sistemi di monitoraggio e delle banche dati, insieme alla dispersione del personale specializzato, compromette la possibilità di pianificare efficaci interventi di gestione e ripristino anche negli anni successivi al conflitto (IUFRO, 2025).

3. Evidenze empiriche recenti: impatto dei conflitti contemporanei sugli ecosistemi forestali

Le evidenze empiriche provenienti dai conflitti più recenti illustrano con chiarezza e urgenza la portata globale e la gravità di questi fenomeni di degradazione forestale. Nella Striscia di Gaza, le valutazioni delle Nazioni Unite indicano che oltre il 97% delle colture arboree e il 95% della vegetazione arbustiva sono stati distrutti completamente, con effetti drammatici e immediati sulla fertilità dei suoli, sulla capacità di ritenzione idrica e sulla sicurezza alimentare delle popolazioni civili (FAO, 2025b; UNEP, 2022b; UNEP, 2025). La distruzione diffusa delle infrastrutture civili ha generato ingenti quantità di macerie contaminate che si disperdono nei suoli e negli ecosistemi, determinando forme di contaminazione persistente nel lungo periodo.

In Ucraina, il conflitto avviato nel 2022 ha interessato ampie superfici forestali, causando incendi estesi, distruzione degli habitat e contaminazione diffusa da mine antiuomo e ordigni inesplosi, con conseguenti limitazioni all'accesso e agli interventi di ripristino (UNEP, 2022b; World Bank, 2026; Irland et al., 2024; Semenenko et al., 2025). Le emissioni di carbonio associate al suddetto conflitto e alla degradazione degli ecosistemi sono stimate in circa 200-240 milioni di tonnellate di CO_2 nei primi tre anni di guerra (CEOBS, 2025). Le operazioni di bonifica e decontaminazione richiederanno tempi pluridecennali e ingenti risorse economiche, spesso superiori alle previsioni.

Situazioni empiriche analoghe, anche se talvolta meno documentate, si sono verificate nei Balcani durante i conflitti degli anni '90, dove il degrado forestale sistematico e il collasso della governance hanno lasciato un'eredità ambientale duratura, ancora oggi visibile in molte aree con ecosistemi degradati e con dinamiche di recupero molto lente. Un ulteriore esempio significativo riguarda la regione della Polesia, tra Ucraina e Bielorussia, dove il conflitto russo-ucraino ha prodotto effetti indiretti particolarmente rilevanti sugli ecosistemi forestali e torbosi: la distruzione delle infrastrutture di gestione idrica, l'abbandono delle attività di monitoraggio ambientale e l'alterazione dei regimi idrologici hanno favorito il degrado delle torbiere, aumentando il rischio di incendi, perdita di biodiversità ed emissioni di carbonio su larga scala. La regione, una delle più vaste aree umide d'Europa e importante serbatoio di carbonio, era già vulnerabile a causa dei processi storici di drenaggio e sfruttamento delle torbiere, fenomeni ulteriormente

aggravati dal conflitto armato e dall'interruzione delle attività di conservazione e ripristino ecologico. In tali contesti, la guerra non agisce soltanto attraverso la distruzione immediata, ma anche mediante processi indiretti che compromettono gli equilibri ecologici e riducono drasticamente la resilienza degli ecosistemi. Queste evidenze empiriche contemporanee e storiche convergono nel dimostrare che i conflitti armati rappresentano una delle cause più significative e meno controllabili di degradazione forestale globale, con conseguenze che si estendono ben oltre i periodi bellici immediati e che minacciano la capacità degli ecosistemi di fornire servizi essenziali alle generazioni future.

Nel Tigray (Etiopia), secondo uno studio condotto da Birhane et al. (2025), tra il 2020 e il 2022, il conflitto armato ha innescato una grave crisi socio-ecologica, compromettendo i progressi ottenuti in decenni di ripristino ambientale e sviluppo dei mezzi di sussistenza. Il suddetto studio ha evidenziato una forte perdita di copertura vegetale (fino al 57% in Abergelle-Yechila, 55,5% in Samre e 10,9% in Atsbi) e un incremento dell'erosione del suolo, fino a 5,5 tonnellate per ettaro annue. Inoltre, il conflitto ha causato il collasso dei mezzi di sussistenza a seguito della distruzione delle infrastrutture, della perdita del bestiame, del blocco dei mercati e della ridotta mobilità delle persone, determinando un aumento della dipendenza dalla legna da ardere, aumentando i prelievi e conseguentemente accelerando la degradazione forestale.

4. Ripristino forestale nei contesti post-conflitto: approcci, metodologie, costi e incertezze

Il ripristino degli ecosistemi forestali nei contesti post-conflitto rappresenta una componente essenziale dei processi di ricostruzione ambientale, stabilizzazione territoriale e resilienza socioeconomica delle comunità colpite. Tuttavia esso non può essere considerato un semplice intervento tecnico, bensì un processo multidimensionale, complesso e di lungo periodo, che coinvolge simultaneamente aspetti ecologici, economici, sociali e istituzionali e richiede il coordinamento di una pluralità di attori pubblici e privati con interessi spesso divergenti (Chazdon, 2008, 2017; Ciccarese et al., 2012).

Gli approcci al ripristino forestale variano significativamente in funzione dell'intensità del danno ambientale, del livello di contaminazione, della resilienza naturale degli ecosistemi, degli obiettivi di ripristino e delle capacità economiche e istituzionali disponibili (Chazdon, 2008; Chazdon & Guariguata, 2016; Crouzeilles et al., 2020; Semenenko et al., 2025). Nei casi di degrado moderato, caratterizzati da limitata perdita di biodiversità e assenza di contaminazione diffusa, la rigenerazione naturale assistita può rappresentare la strategia più efficace ed economicamente conveniente, poiché valorizza i processi naturali di successione ecologica. Tale approccio, tuttavia, presuppone che l'ecosistema conservi una sufficiente capacità di resilienza, comprendente la presenza di fonti di propaguli, una banca semi ancora funzionale, suoli non gravemente degradati o contaminati e condizioni ambientali idonee alla ricolonizzazione naturale. Quando queste condizioni vengono meno - come avviene frequentemente in ambienti maggiormente degradati o interessati da conflitti armati, dove si sommano perdita della copertura forestale, erosione, contaminazione dei suoli, frammentazione degli habitat e presenza di ordigni inesplosi - la successione naturale risulta fortemente rallentata o addirittura compromessa, rendendo necessari interventi attivi di restauro, quali la bonifica ambientale, la stabilizzazione dei suoli, la ricostituzione del materiale vivai-

stico e la riforestazione con specie autoctone (Chazdon & Guariguata, 2016; Crouzeilles et al., 2020; Busch et al., 2024; Semenenko et al., 2025). È interessante, a questo proposito, citare un lavoro di Holl e Aide (2011), il quale introduce il concetto che la scelta tra rigenerazione naturale e restauro attivo dipende dal superamento di soglie ecologiche (*ecological thresholds*). Se tali soglie sono oltrepassate, il ripristino passivo non è più sufficiente e sono necessari interventi attivi.

Una componente particolarmente critica nei contesti post-bellici riguarda la ricostruzione delle infrastrutture vivaistiche forestali e delle filiere produttive associate. Infatti, i conflitti armati determinano frequentemente la distruzione dei vivai forestali, la perdita di personale tecnico specializzato e l'interruzione della produzione di semi e piante di provenienza locale. La disponibilità di materiale genetico autoctono e localmente adattato rappresenta quindi un prerequisito fondamentale per il successo degli interventi di riforestazione e per il mantenimento della resilienza ecologica nel lungo periodo (Ciccarese et al., 2012). Parallelamente, il rafforzamento delle filiere forestali sostenibili lungo tutta la catena del valore può contribuire a generare benefici economici diretti per le comunità locali, creando incentivi permanenti alla conservazione forestale e riducendo il rischio di nuove pressioni antropiche sugli ecosistemi già restaurati.

La letteratura scientifica evidenzia inoltre una forte eterogeneità dei costi di ripristino forestale, rendendo difficile definire benchmark economici universalmente validi. I costi dipendono infatti dall'approccio metodologico adottato, dalla scala degli interventi, dal livello di degrado ambientale, dalle caratteristiche ecologiche del sito e dalle condizioni socioeconomiche locali (Morkovina et al., 2024; Pacheco et al., 2024; Chazdon & Guariguata, 2016). Le principali determinanti della variabilità economica includono fattori geografici e ambientali quali topografia, altitudine, qualità del suolo, disponibilità idrica e tipologia ecosistemica. Condizioni ambientali sfavorevoli - come pendii ripidi, suoli impoveriti o climi aridi - aumentano significativamente i costi operativi e di manutenzione, richiedendo ulteriori misure di stabilizzazione, irrigazione o recupero del suolo.

Anche l'uso pregresso del territorio e l'intensità del degrado influenzano profondamente i costi di restauro: ecosistemi forestali convertiti ad agricoltura intensiva, aree incendiate o siti contaminati necessitano generalmente di interventi più intensivi e investimenti maggiori.

La metodologia di ripristino costituisce un ulteriore fattore chiave. La rigenerazione naturale assistita, laddove ecologicamente possibile, può ridurre significativamente i costi complessivi rispetto alla forestazione attiva; in alcuni contesti tropicali, studi recenti stimano riduzioni dei costi fino al 77% rispetto agli approcci tradizionali di ripristino basati su piantagione su larga scala (Crouzeilles et al., 2020; Chazdon et al., 2025), che richiedono costi elevati legati alla produzione di materiale forestale di propagazione, alla preparazione del sito, alla manodopera specializzata e alle cure colturali post piantagione. In particolare, lo studio di Chazdon et al. (2025) sostiene che la rigenerazione naturale delle foreste tropicali a seguito di deforestazione e del degrado del territorio rappresenta un'opportunità scalabile ed economicamente efficiente per il recupero della struttura degli ecosistemi forestali, il ritorno delle specie native e il ripristino dei servizi ecosistemici, a condizione che sussistano adeguate condizioni biofisiche e socioeconomiche.

I costi riportati in letteratura mostrano un'estrema variabilità: si passa da circa 200 $/ha per interventi di rigenerazione passiva in ecosistemi ad alta resilienza naturale, fino a oltre

30.000 $/ha nei casi che richiedono bonifiche ambientali complesse, decontaminazione del suolo e riforestazione intensiva. Valori intermedi, compresi tra 800 e 1.400 $/ha, sono frequentemente riportati per progetti di riforestazione in aree disturbate o degradate (Pacheco et al., 2024). Tuttavia, la sostenibilità economica degli interventi dipende non solo dai costi diretti di implementazione, ma anche dalla capacità degli ecosistemi ripristinati di generare benefici ambientali ed economici nel lungo periodo, quali sequestro del carbonio, regolazione idrologica, mitigazione degli eventi climatici estremi e conservazione della biodiversità (Chazdon, 2017; Crouzeilles et al., 2020).

Oltre ai costi operativi, il ripristino forestale può richiedere rilevanti costi indiretti, ossia i costi non direttamente imputabili agli interventi di ripristino sul campo, ma necessari a garantirne la pianificazione, il coordinamento, l'attuazione, il monitoraggio, come pure la ricerca scientifica e il rafforzamento istituzionale. In particolare, nei contesti post-conflitto il recupero degli ecosistemi è ulteriormente ostacolato dalla presenza di mine e ordigni inesplosi, dalla mancanza o dalla ridotta disponibilità di personale tecnico-forestale, dall'instabilità politica, dalla frammentazione amministrativa e dalla limitata accessibilità ai territori colpiti (Melnykovych et al., 2026a; Waśniewski et al., 2026).

Studi recenti sull'Ucraina mostrano come il conflitto abbia intensificato i processi di deforestazione, frammentazione degli habitat e degradazione ecologica, mentre nei Balcani la presenza di mine e residuati bellici continua ancora oggi a rallentare le attività di recupero ambientale e forestale a decenni dalla fine delle ostilità (Melnykovych et al., 2026b; Baselt et al., 2023).

Infine, i tempi di recupero ecologico risultano generalmente lunghi e caratterizzati da elevata incertezza. Sebbene il ripristino della copertura forestale possa richiedere uno o due decenni, il recupero completo della struttura multilivello delle foreste, della composizione floristica originaria e delle funzioni ecosistemiche più complesse non è affatto garantito, soprattutto nei paesaggi maggiormente alterati dai conflitti armati (Chazdon et al., 2020). In molti casi, infatti, gli ecosistemi post-conflitto tendono a evolvere verso stati ecologici alternativi, caratterizzati da minore biodiversità, diversa composizione specifica e ridotta capacità di fornire servizi ecosistemici rispetto alle condizioni originarie (UNEP, 2019; Melnykovych et al., 2026a).

5. Cooperazione ambientale e ripristino degli ecosistemi come strumenti di ricostruzione post-conflitto

Il ripristino degli ecosistemi forestali nei contesti post-conflitto non rappresenta soltanto una priorità ecologica, ma costituisce una componente sempre più rilevante dei processi di ricostruzione istituzionale, cooperazione internazionale e sviluppo sostenibile. Negli ultimi due decenni si è progressivamente affermato il concetto di *environmental peacebuilding*, secondo il quale la gestione condivisa delle risorse naturali può, in determinate condizioni, contribuire a favorire il dialogo tra gruppi precedentemente contrapposti, rafforzare la fiducia nelle istituzioni e sostenere processi di cooperazione di lungo periodo (Conca & Dabelko, 2002; UNEP, 2009; Dresse et al., 2019; Ide, 2020).

In questo quadro, la cooperazione ambientale assume forme molteplici e complementari. Essa comprende la ricostruzione delle amministrazioni forestali, i programmi di riforestazione e restauro ecologico, il monitoraggio degli ecosistemi, la gestione condivisa dei bacini idrografici e delle aree protette transfrontaliere, la bonifica dei siti contaminati, la ricostituzione

delle filiere vivaistiche e il rafforzamento delle capacità tecniche delle istituzioni pubbliche. Tali interventi sono generalmente promossi da organizzazioni internazionali quali UNEP (United Nations Environment Programme), FAO (Food and Agriculture Organization), IUFRO (International Union of Forest Research Organizations), IUCN (International Union for Conservation of Nature), UNDP (United Nations Development Programmme), World Bank (WB) e Unione Europea (UE), in collaborazione con governi nazionali, università, istituti di ricerca e comunità locali.

Gli effetti attesi di questi programmi vanno oltre il recupero della copertura forestale. Il ripristino degli habitat contribuisce infatti alla ricostituzione della biodiversità, alla stabilizzazione dei suoli, al miglioramento del ciclo idrologico, all'incremento del sequestro del carbonio e alla riduzione del rischio di incendi e dissesto idrogeologico. Parallelamente, la ricostruzione delle filiere forestali può creare opportunità economiche, rafforzare la sicurezza alimentare ed energetica e ridurre la dipendenza dallo sfruttamento illegale delle risorse naturali, contribuendo alla resilienza socio-ecologica delle comunità locali.

Permangono tuttavia importanti criticità scientifiche e operative. Una delle principali riguarda la distinzione tra ripristino strutturale e ripristino funzionale degli ecosistemi. La ricostituzione della copertura forestale rappresenta infatti soltanto il primo livello del recupero ecologico, mentre il ripristino delle funzioni ecosistemiche - tra cui i cicli bio-geo chimici, le reti trofiche, le interazioni tra suolo e vegetazione e la capacità di fornire servizi ecosistemici - richiede tempi significativamente più lunghi, che possono estendersi per decenni o, nei casi più complessi, per secoli.

La valutazione dell'efficacia degli interventi richiede pertanto indicatori ecologici integrati, quali il contenuto di carbonio organico del suolo, gli indici di biodiversità, la dinamica dei nutrienti e altri parametri di funzionalità ecosistemica, associati a programmi di monitoraggio ecologico di lungo periodo (Long-Term Ecological Monitoring, LTEM). A ciò si aggiunge la frequente mancanza di serie temporali continue e geo-riferite nelle aree interessate dai conflitti, che limita la possibilità di valutare con rigore gli effetti delle azioni di ripristino.

In questo contesto il telerilevamento rappresenta uno strumento essenziale. Indici di vegetazione quali NDVI ed EVI, integrati con dati radar SAR e immagini satellitari ad alta risoluzione, consentono di seguire nel tempo l'evoluzione della copertura forestale e della biomassa anche in aree difficilmente accessibili. Tali strumenti, tuttavia, restituiscono prevalentemente indicatori indiretti della produttività vegetale e non permettono di valutare direttamente componenti fondamentali quali la biodiversità del suolo, le interazioni rizosferiche o altri processi biochimici. Per questo motivo il monitoraggio satellitare deve essere integrato con rilievi di campo, analisi pedologiche e osservazioni ecologiche, secondo approcci multidisciplinari.

In questa prospettiva assume particolare rilievo il ruolo dell'IUFRO, che nel 2025 ha istituito la Task Force Post-Conflict Forest Landscape Restoration - Make It Back Better, con l'obiettivo di rafforzare il collegamento tra ricerca scientifica, gestione forestale e politiche di ricostruzione post-conflitto (IUFRO, 2025). L'iniziativa promuove un approccio integrato e multiscalare fondato sull'impiego di dati ecologici, modellistica spaziale, tecniche avanzate di monitoraggio e processi partecipativi, riconoscendo il ripristino dei paesaggi forestali come componente essenziale della resilienza ambientale e istituzionale.

Le esperienze maturate negli ultimi decenni mostrano come tali principi trovino applicazione in contesti molto differenti. Gli inter-

Focus

Dalle foreste della guerra alle foreste della ricostruzione: esperienze internazionali di cooperazione ambientale

Le esperienze maturate in diversi contesti post-conflitto mostrano come il ripristino degli ecosistemi forestali possa assumere configurazioni molto diverse, in funzione delle caratteristiche ecologiche, istituzionali e politiche dei territori interessati. Pur nella loro eterogeneità, esse evidenziano alcuni elementi comuni: l'importanza della cooperazione internazionale, il rafforzamento delle istituzioni, il trasferimento di competenze tecniche e la progressiva integrazione tra recupero ecologico e governance delle risorse naturali.

Bosnia-Erzegovina. A quasi trent'anni dalla conclusione del conflitto, vaste superfici forestali risultano ancora interessate dalla presenza di mine terrestri e ordigni inesplosi. I programmi coordinati dal Bosnia and Herzegovina Mine Action Centre (BHMAC), con il sostegno dell'UE, dell'UNDP e di altri partner internazionali, hanno consentito la progressiva bonifica di migliaia di ettari di foreste e aree protette, rendendo nuovamente possibili la gestione forestale, gli interventi di riforestazione, il monitoraggio della biodiversità e la fruizione sostenibile del territorio. L'esperienza evidenzia come la sicurezza del territorio costituisca una condizione preliminare per qualsiasi programma di recupero ecologico (BHMAC, 2023; Baselt et al., 2023).

Kosovo. Nel primo decennio degli anni Duemila la Commissione europea, attraverso i programmi CARDS e successivamente IPA, ha sostenuto il rafforzamento del Ministero dell'Agricoltura, Foreste e Sviluppo Rurale (MAFRD), promuovendo l'adeguamento della normativa forestale agli standard europei, la pianificazione della gestione sostenibile delle foreste e la formazione del personale tecnico e amministrativo. L'esperienza mostra come la ricostruzione delle capacità istituzionali rappresenti una componente essenziale dei processi di ripristino post-conflitto (FAO, 2026).

Ucraina. Il conflitto in corso ha dato origine a una vasta rete di cooperazione internazionale che coinvolge UNEP, FAO, UNOSAT, IUFRO, Commissione Europea, istituzioni scientifiche e autorità nazionali nella valutazione dei danni ambientali, nella mappatura delle aree contaminate, nella pianificazione della bonifica e nella definizione delle strategie di ripristino forestale. Parallelamente, la Task Force IUFRO Post-Conflict Forest Landscape Restoration - Make It Back Better sta sviluppando linee guida e strumenti operativi destinati a supportare la ricostruzione dei paesaggi forestali. L'esperienza ucraina evidenzia l'importanza di avviare la pianificazione del recupero ecologico già durante il conflitto, integrando competenze scientifiche, istituzionali ed economiche (UNEP, 2025; FAO, 2025b; IUFRO, 2025; Melnykovych et al., 2026a).

Lago di Scutari/Skadar. Il progetto Lake Skadar/Shkoder Integrated Ecosystem Management Project, sostenuto dalla World Bank e dal Global Environment Facility, ha promosso la cooperazione tra Albania e Montenegro nella gestione delle aree protette, nel monitoraggio ambientale, nella conservazione degli habitat forestali e delle zone umide e nello sviluppo sostenibile delle comunità locali. Pur con risultati differenziati, rappresenta uno dei primi esempi nei Balcani di governance condivisa di un ecosistema transfrontaliero (WB, 2008b; GEF, 2015).

Caucaso meridionale. In una regione caratterizzata da persistenti tensioni geopolitiche, alcune iniziative sostenute da organizzazioni internazionali hanno favorito forme di cooperazione tecnica nella gestione delle risorse idriche, nel monitoraggio ambientale e nella conservazione degli ecosistemi transfrontalieri tra Armenia e Azerbaigian. Sebbene ancora circoscritti, questi programmi mostrano come la cooperazione ambientale possa costituire uno dei pochi ambiti nei quali mantenere forme di dialogo istituzionale (UNEP, 2019; Ide, 2020).

Parco della Pace di Prespa. La collaborazione tra Albania, Grecia e Macedonia del Nord nella gestione del Parco della Pace di Prespa rappresenta uno dei principali esempi europei di cooperazione transfrontaliera per la conservazione della biodiversità. Attraverso programmi condivisi di monitoraggio ecologico, gestione degli habitat forestali e delle zone umide e tutela delle specie minacciate, l'iniziativa dimostra come la gestione congiunta degli ecosistemi possa consolidare nel tempo meccanismi di cooperazione istituzionale tra Paesi confinanti (Schoon, 2021).

venti spaziano dai programmi di sminamento e recupero delle aree forestali in Bosnia-Erzegovina al rafforzamento delle istituzioni forestali in Kosovo (European Commission, 2009); dalla gestione condivisa di ecosistemi transfrontalieri, come il Lago di Scutari/Skadar (WB, 2008a, 2008b) e il Parco della Pace di Prespa (Society for the Protection of Prespa, 2020; Schoon, 2021), fino alle iniziative di cooperazione tecnica sviluppate nel Caucaso meridionale e ai programmi di valutazione dei danni ambientali (UNEP, 2022b) e pianificazione del ripristino attualmente in corso in Ucraina. Pur differendo per scala, finalità e modalità operative, queste esperienze evidenziano alcuni elementi ricorrenti: il ruolo della cooperazione internazionale, l'integrazione tra ricerca scientifica e governance, il rafforzamento delle capacità istituzionali, il trasferimento di competenze tecniche e il coinvolgimento delle comunità locali. Alcuni di questi casi sono descritti nel *Focus* prima illustrato.

6. Considerazioni conclusive

I conflitti armati contemporanei e storici producono impatti profondi, duraturi e spesso irreversibili su biodiversità e foreste, generando conseguenze ecologiche, economiche e sociali che si estendono per decenni oltre il termine formale del conflitto e minacciano la capacità dell'umanità di realizzare gli obiettivi di sviluppo sostenibile e di stabilizzazione climatica globale.

Il ripristino ecologico degli ecosistemi forestali, come dimostrano anche diversi casi di studio presentati nel *Focus*, è possibile. Tuttavia, esso richiede risorse economiche ingenti, tempi relativamente lunghi - spesso caratterizzati da decenni di interventi sistematici e coordinati - e approcci integrati che combinino ecologia scientifica, governance partecipativa e pianificazione territoriale sostenibile. Inoltre, il recupero completo delle condizioni ecosistemiche originarie non è garantito, poiché molti sistemi evolvono verso stati alternativi con caratteristiche biologiche e funzionali diverse da quelle pre-conflitto.

In questo contesto globale, segnato da crescente instabilità e da minacce simultanee ai sistemi ecologici, la cooperazione scientifica e ambientale tra Stati, organizzazioni internazionali, istituzioni di ricerca e società civile rappresenta un elemento fondamentale per ricostruire ecosistemi forestali funzionali e società resilienti nel lungo termine.

Emergono quindi forti esigenze di integrazione tra approcci ecologici, economici e sociali, come sottolineato dalla IUFRO Task Force, che promuove un modello di ripristino basato su scienza transdisciplinare e cooperazione internazionale strutturata.

Piuttosto che considerare il ripristino forestale come una questione meramente tecnica di post-conflitto, è necessario inquadrarlo come una priorità strategica di sostenibilità globale, stabilizzazione climatica e *peacebuilding*. In questa prospettiva, le sfide della ricostruzione ecologica possono tradursi in opportunità di innovazione ambientale, creazione di occupazione green, riconciliazione tra comunità e collaborazione internazionale.

La protezione preventiva delle foreste da ulteriori conflitti e la prioritizzazione del ripristino ecologico nei piani di pace e di ricostruzione post-conflitto rappresentano, infine, investimenti critici per la stabilità planetaria, la sicurezza umana e la giustizia intergenerazionale.

RIASSUNTO

I conflitti armati costituiscono una delle minacce emergenti per gli ecosistemi forestali, determinando processi di degradazione che si estendono ben oltre la durata delle ostilità. Le operazioni militari producono ef-

fetti diretti, quali distruzione della vegetazione, incendi, frammentazione degli habitat, contaminazione di suoli e acque e mortalità della fauna, compromettendo immediatamente la struttura e il funzionamento degli ecosistemi. A questi si affiancano effetti indiretti, riconducibili al collasso della governance ambientale, allo sfruttamento non sostenibile delle risorse forestali, all'interruzione delle attività di gestione e monitoraggio, alla diffusione di specie aliene invasive e alla perdita di resilienza socio-ecologica, con conseguenze che possono persistere per decenni. Il contributo analizza i principali meccanismi di degradazione degli ecosistemi forestali sulla base della più recente letteratura scientifica, dei principali rapporti internazionali e delle evidenze riportate nel *Global Environment Outlook 7* (GEO-7) dell'UNEP, con riferimenti a casi di studio in Ucraina, Balcani, Tigray e Medio Oriente. Vengono inoltre esaminati gli approcci al ripristino forestale nei contesti post-conflitto, evidenziandone metodologie, costi, tempi di recupero e principali fattori di incertezza. Infine, il lavoro mette in luce il ruolo della cooperazione ambientale internazionale e del rafforzamento delle capacità istituzionali quali strumenti essenziali per promuovere il recupero degli ecosistemi forestali e contribuire alla ricostruzione ecologica, alla resilienza socio-ecologica e a una pace duratura.

BIBLIOGRAFIA

Baselt, I., Skejic, A., Zindovic, B., & Bender, J. (2023). Geologically-driven migration of landmines and explosive remnants of war: A feature focusing on the Western Balkans. *Geosciences*, *13*(6), Article 178. https://doi.org/10.3390/geosciences13060178

Birhane, E., Girmay Siyum, Z., Shiferaw, H., Solomon, N., Berhe, M., Gebremedhin, M. A., & Tesfamariam, Z. (2025). Armed conflict-driven environmental degradation and uneven socio-ecological resilience in Tigray, Ethiopia. *Sustainable Futures*, *10*, Article 101289. https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.101289

Bosnia and Herzegovina Mine Action Centre [BHMAC]. (2023). *Mine action strategy of Bosnia and Herzegovina 2025–2027*. Sarajevo.

Busch, J., Bukoski, J. J., Cook-Patton, S. C., Griscom, B. W., Kaczan, D. J., Potts, M. D., Yi, Y., & Vincent, J. R. (2024). Cost-effectiveness of natural forest regeneration and plantations for climate mitigation. *Nature Climate Change, 14*(9), 996–1002. https://doi.org/10.1038/s41558-024-02068-1

Certini, G., Scalenghe, R., & Woods, W. J. (2013). The impact of warfare on the soil environment. *Earth-Science Reviews*, *127*, 1–15. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.08.009

Chazdon, R. L. (2008). Beyond deforestation: Restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science*, *320*(5882), 1458–1460. https://doi.org/10.1126/science.1155365

Chazdon, R. L. (2017). Landscape restoration, natural regeneration, and the forests of the future. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, *102*(2), 251–257. https://doi.org/10.3417/2016035

Chazdon, R. L., Blüthgen, N., Brancalion, P. H. S., Heinrich, V., & Bongers, F. (2025). Drivers and benefits of natural regeneration in tropical forests. *Nature Reviews Biodiversity*, *1*(5), 298–314. https://doi.org/10.1038/s44358-025-00043-y

Chazdon, R. L., & Guariguata, M. R. (2016). Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: Prospects and challenges. *Biotropica*, *48*(6), 716–730. https://doi.org/10.1111/btp.12381

Chazdon, R. L., Lindenmayer, D., Guariguata, M. R., Crouzeilles, R., Rey Benayas, J. M., & Lazos Chavero, E. (2020). Fostering natural forest regeneration on former agricultural land through economic and policy interventions. *Environmental Research Letters*, *15*(4), Article 043002. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab79e6

Ciccarese, L., Mattsson, A., & Pettenella, D. (2012). Ecosystem services from forest restoration: Thinking ahead. *New Forests*, *43*(5–6), 543–560. https://doi.org/10.1007/s11056-012-9350-8

Conca, K., & Dabelko, G. D. (Eds.). (2002). *Environmental peacemaking*. Johns Hopkins University Press.

Conflict and Environment Observatory [CEOBS]. (2025). *Climate damage caused by Russia's war in Ukraine*. Conflict and Environment Observatory (CEOBS) report. https://en.ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2025/10/Climate-Damage-Caused-by-War-36-months_EN_compressed.pdf

Crouzeilles, R., Beyer, H. L., Monteiro, L. M., Feltran-Barbieri, R., Pessôa, A. C. M., Barros, F. S. M., Lindenmayer, D. B., Lino, E. D. S. M., Grelle, C. E. V., Chazdon, R. L., Matsumoto, M., Rosa, M., Latawiec, A. E., & Strassburg, B. B. N. (2020). Achieving cost-effective landscape-scale forest restoration through targeted natural regeneration. *Conservation Letters, 13*(3), Article e12709. https://doi.org/10.1111/conl.12709

Di Stefano, V. (2025). L'impronta della guerra sulle foreste: Danni, diritto e strategie di ripristino ambientale a oltre 3 anni dalla guerra in Ucraina. *L'Italia Forestale e Montana*, *80*(2), 95–106. https://doi.org/10.36253/ifm-1169

Dresse, A., Fischhendler, I., Nielsen, J. Ø., & Zikos, D. (2019). Environmental peacebuilding: Towards a theoretical framework. *Cooperation and Conflict*, *54*(1), 99–119. https://doi.org/10.1177/0010836718808331

European Commission. (2009). *EU Project – Sustainable forest management in Kosovo. Final report*. European Commission.

Food and Agriculture Organization [FAO]. (2025a). *Global Forest Resources Assessment 2025*. FAO. https://doi.org/10.4060/cd6709en

Food and Agriculture Organization [FAO]. (2025b). *New FAO-UNOSAT analysis findings show increased damage to cropland, greenhouses, and agricultural wells*. FAO.

Food and Agriculture Organization [FAO]. (2026). *Five-year programme helps Kosovo advance in sustainable forestry management*. FAO Regional Office for Europe and Central Asia. https://www.fao.org/europe/news/detail/five-year-fao-programme-helps-kosovo-advance-in-sustainable-forestry-management/en

Garcês, A., & Pires, I. (2025). The impact of armed conflict on biodiversity. *Wild Animals*, *1*(1), Article 2025001. https://doi.org/10.31893/wild.2025001

Global Environment Facility [GEF]. (2015). *Lake Skadar-Shkoder Integrated Ecosystem Management Project. Terminal evaluation*. World Bank.

Hanson, T., Brooks, T. M., Da Fonseca, G. A. B., Hoffmann, M., Lamoreux, J. F., Machlis, G., Mittermeier, C. G., & Pilgrim, J. D. (2009). Warfare in biodiversity hotspots. *Conservation Biology*, *23*(3), 578–587. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01166.x

Holl, K. D., & Aide, T. M. (2011). When and where to actively restore ecosystems? *Forest Ecology and Management*, *261*(10), 1558–1563. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.07.004

Ide, T. (2020). The impact of environmental cooperation on peacemaking. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, *42*, 82–88. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2020.01.006

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2023). *Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (H. Lee & J. Romero, Eds.). IPCC. https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services [IPBES]. (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* (E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, & H. T. Ngo, Eds.). IPBES Secretariat. https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services [IPBES]. (2023). *Assessment report on invasive alien species and their control* (H. E. Roy, M. Pouchet, O. L. Pescott, et al., Eds.). IPBES Secretariat. https://doi.org/10.5281/zenodo.7430692

International Committee of the Red Cross [ICRC]. (2026). *Humanitarian outlook 2026: A world succumbing to war*. International Committee of the Red Cross. https://www.icrc.org/sites/default/files/2025-12/LR_4909_002_ICRC_Humanitarian_Outlook_2026_A_World_Succumbing_to_War.pdf

International Union of Forest Research Organizations [IUFRO]. (2025). *Task Force T49, Post-conflict forest landscape restoration: Make "It Back Better"*. IUFRO.

Irland, L. C., Iavorivska, L., Zibtsev, S., Myroniuk, V., Roth, B., & Bilous, A. (2024). Russian invasion: Rapid assessment of impact on Ukraine's forests. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, *25*, 146–155. https://doi.org/10.15421/412312irland

Krainiuk, O. V., Buts, Y. V., Ponomarenko, R. V., Asotskyi, V. V., Darmofal, E. A., Kalynovskyi, A. Y., & Maniuk, V. V. (2025). Environmental consequences of military operations in Ukraine on the example of soil research in the Kharkiv region. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, *34*(2), 304–317. https://doi.org/10.15421/112526

Landholm, D. M., Pradhan, P., & Kropp, J. P. (2019). Diverging forest land use dynamics induced by armed conflict across the tropics. *Global Environmental Change*, *56*, 86–94. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.03.006

Melnykovych, M., Nijnik, M., Soshenskyi, O., Zibtsev, S., Lobchenko, G., Sarkki, S., Voloshyna, N., Soloviy, I., Kravets, P., Khan, Y., Yaroshchuk, R., Keeton, W. S., Rosset, C., Pauli, B., Garcia, C. A., & Waeber, P. O. (2026a). Pathways for Ukraine's post-war nature recovery: Focus on forest socio-ecological systems. *Ambio, 55*(4), 817–843. https://doi.org/10.1007/s13280-025-02263-0

Melnykovych, M., Melnyk, O., Soshenskyi, O., McKean, A., Dudar, V., & Waeber, P.O. (2026b). Demining and revitalising war-affected landscapes in Ukraine: multi-actor governance responses. *Sustainability Science*. https://doi.org/10.1007/s11625-026-01892-y

Millennium Ecosystem Assessment [MEA]. (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press.

Morkovina, S. S., Drapalyuk, M. V., Sibiryatkina, I. A., & Popova, A. S. (2024). Economic assessment and cost variability in ecosystem restoration projects. *Forests*, *15*(2), Article 245. https://doi.org/10.3390/f15020245

Mudrak, O., Lavrov, V., Kharchenko, S., & Mudrak, H. (2025). Environmental consequences of military actions for land resources of Sniguriv community of Mykolaiv region. *Balanced Nature Using*, (3), 67–77. https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2025.342529

Novakovska, I., Belousova, N., & Hunko, L. (2025). Land degradation in Ukraine as a result of military operations. *Acta Scientiarum Polonorum Administratio Locorum, 24*(1), 129–145. https://doi.org/10.31648/aspal.9788

Odum, E. P., & Barrett, G. W. (2005). *Fundamentals of ecology* (5th ed.). Brooks/Cole.

Pacheco, P., Beatty, C., & Patel, J. (2024). Economic view on the costs and benefits of forest restoration. In P. Katila et al. (Eds.), *Restoring forests and trees for sustainable development: Policies, practices, impacts, and ways forward*. Oxford Academic. https://doi.org/10.1093/9780197683958.003.0009

Pereira, P., Bašić, F., Bogunovic, I., & Barcelo, D. (2022). Russian-Ukrainian war impacts the total environment. *Science of the Total Environment*, *837*, Article 155865. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155865

Rawtani, D., Gupta, G., Khatri, N., Rao, P. K., & Hussain, C. M. (2022). Environmental damages due to war in Ukraine: A perspective. *Science of the Total Environment*, *850*, Article 157932. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157932

Santini, A., Maresi, G., Richardson, D. M., & Liebhold, A. M. (2023). Collateral damage: Military invasions beget biological invasions. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *21*(9), 475–476. https://doi.org/10.1002/fee.2640

Schoon, M. (2021). Governing the Prespa Lakes: Transboundary environmental cooperation in the Balkans.

Schulte, P. M. (2014). What is environmental stress? Insights from fish living in a variable environment. *Journal of Experimental Biology*, *217*(1), 23–34. https://doi.org/10.1242/jeb.089722

Semenenko, O., Ovanesian, R., Dobrovolskyi, U., Cherep, V., & Tsarynnyk, V. (2025). Degradation and restoration of forest ecosystems in the context of war: Environmental and economic challenges to Ukrainian national security. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, *16*(2), 167–191. https://doi.org/10.31548/forest/2.2025.167

Society for the Protection of Prespa. (2020). *Prespa Park: Transboundary conservation and sustainable development*. Society for the Protection of Prespa.

United Nations Environment Programme [UNEP]. (2009). *From conflict to peacebuilding: The role of natural resources and the environment*. UNEP.

United Nations Environment Programme [UNEP]. (2019). *Environmental rule of law: First global report*. UNEP.

United Nations Environment Programme [UNEP]. (2022a). *Environmental cooperation for peacebuilding in the South Caucasus*. UNEP.

United Nations Environment Programme [UNEP]. (2022b). *The environmental impact of the conflict in Ukraine: A preliminary review*. UNEP. https://wedocs.unep.org/20.500.11822/40746

United Nations Environment Programme [UNEP]. (2025). *Environmental impact of the escalation of conflict in the Gaza Strip: Second assessment of environmental damage and recommendations for recovery and reconstruction planning*. UNEP. https://wedocs.unep.org/20.500.11822/48536

United Nations High Commissioner for Refugees [UNHCR]. (2026). *Mid-Year Trend Report 2025*. UNHCR. https://www.unhcr.org/refugee-statistics

Waśniewski, A., Rynkiewicz, A., Hościło, A., Havryliuk, S., & Chaskovskyy, O. (2026). Impact of the war on forest ecosystem in Ukraine based on Sentinel-2 data. Scientific Reports, 16(1), Article 5190. https://doi.org/10.1038/s41598-026-35744-7

World Bank [WB]. (2008a). *Lake Skadar/Shkoder Integrated Ecosystem Management Project*. World Bank.

World Bank [WB] (2008). *Project appraisal document: Albania and Montenegro – Lake Skadar/Shkoder Integrated Ecosystem Management Project (P084605)*. World Bank.

World Bank [WB]. (2026). *Ukraine – Fifth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA5): February 2022 – December 2025*. Washington, DC. https://www.undp.org/ukraine/publications/ukraine-fifth-rapid-damage-and-needs-assessment-rdna5-february-2022-december-2025