

Il restauro della biodiversità: esperienze e innovazioni della ricerca



Consiglio Nazionale delle Ricerche

© CNR Edizioni, 2025

Piazzale Aldo Moro, 7 - 00185 Roma

ISBN (ed. stampa) 978-88-8080-715-5

ISBN (ed. elettronica) 978-88-8080-716-2



This work is licensed under CC BY-SA 4.0

Il restauro della biodiversità: esperienze e innovazioni della ricerca

Il restauro della biodiversità:

esperienze e innovazioni della ricerca

CON IL CONTRIBUTO SCIENTIFICO DI:

Airoldi Laura	Ferrini Francesco
Alagna Adriana	Foglini Federica
Asnaghi Valentina	Fontaneto Diego
Baldacchini Chiara	Fraschetti Simonetta
Bavestrello Giorgio	Frati Francesco
Bertoli Gloria	Galimberti Andrea
Badalamenti Fabio	Galli Paolo
Basile Maria Carmela	Gambi Cristina
Bianchelli Silvia	Gentili Rodolfo
Biella Paolo	Geroldi Chiara
Blasi Carlo	Gigli Giuseppe
Brundu Giuseppe	Gorga Claudia
Bubacco Luigi	Guidi Nissim Werther
Buccianti Antonella	Guidolotti Gabriele
Buffagni Andrea	Labra Massimo
Cabai Thomas	Lamarca Claudia
Calfapietra Carlo	Lasserre Bruno
Capotorti Giulia	Lo Piccolo Ermes
Carboni Stefano	Luna Gian Marco
Catalano Chiara	Majone Costanza
Ceccherelli Giulia	Mariotti Barbara
Cena Hellas	Mereu Simone
Cerrano Carlo	Mirto Simone
Chiantore Mariachiara	Musco Luigi
Cipriano Cristina	Ottaviano Marco
Congiu Leonardo	Parisi Francesco
Dani Francesca Romana	Pastore Maria Chiara
Danovaro Roberto	Poli Matteo
Dapporto Leonardo	Procaccini Gabriele
De Sanctis Michele	Rebecchi Lorena
Di Minin Alberto	Resemini Raffaello
Dondina Olivia	Rindi Fabio
Emmerling Johannes	Saggio Isabella
Erika Fabrizzi	Sarà Gianluca
Fabio Rindi	Scalici Massimiliano
Falace Annalisa	Scarnecchia Giorgio
Fanelli Emanuela	Spano Donatella
Fenoglio Stefano	Trabucco Antonio

CON IL CONTRIBUTO ORGANIZZATIVO E GESTIONALE DI:

Luigi Fiorentino	Ridolfi Melissa
Riccardo Coratella	Mekonnen Damtew Haregewoin
Jean Paul De Jorio	Frohlichova Dana
Lorenzo Saltari	Mocavini Giorgio
Luca De Biase	Lepore Laureta
Rossi de Gasperis Sarah	Carbone Antonio
Paciaroni Sofia	

Indice

Premessa

1. NBFC per il restauro degli ecosistemi

- 1.1 Il restauro della biodiversità
- 1.2 Variabili della ecological restoration
- 1.3 Restauro ecologico e riabilitazione
- 1.4 Nature based solutions
- 1.5 Rigenerazione e ricostruzione

2. Contenuti e opportunità della Nature Restoration Law

- 2.1 La Nature Restoration Law
- 2.2 Fasi di attuazione e verifica
- 2.3 NBFC per la Nature Restoration Law
- 2.4 Valore economico del Capitale Naturale e impatto del Cambiamento climatico
- 2.5 Attività e strumenti di nbfc per la Nature Restoration Law

3. Fasi e strumenti dei processi di restoration ecology

- 3.1 Pianificare un progetto di ecological restoration
- 3.2 Schede di ecological restoration planning di NBFC
- 3.3 Gli interventi esemplificativi di NBFC
- 3.4 NBFC e le attività di restauro con Parchi e Aree Marine
- 3.5 La centralità del coinvolgimento cittadino nel restauro ecologico

Considerazioni conclusive

Bibliografia

Allegato 1: I principi della restoration ecology nella progettazione degli interventi

— Premessa

Il presente report ha l'obiettivo di fornire una panoramica chiara e accessibile sul regolamento sul Restauro della Natura (Nature Restoration Regulation - Regulation EU - 2024/1991 of the European Parliament and of the Council del 24 Giugno 2024), con particolare attenzione alle attività e agli adempimenti richiesti per la sua attuazione. La normativa sul Restauro della Natura è la prima normativa a livello continentale di questo tipo. Rappresenta un passo fondamentale della Strategia dell'UE per la biodiversità, e stabilisce obiettivi vincolanti per il restauro degli ecosistemi degradati, in particolare quelli con il maggior potenziale di cattura e stoccaggio del carbonio e di prevenzione e riduzione dell'impatto delle catastrofi naturali. Questo regolamento rappresenta inoltre una fondamentale opportunità per la tutela e il rafforzamento degli ecosistemi, contribuendo non solo alla conservazione della biodiversità, ma anche al contrasto dei cambiamenti climatici. Tuttavia, affinché il restauro possa essere considerato un approccio gestionale scientificamente credibile, è essenziale avere una comprensione approfondita delle metodologie e delle pratiche da seguire e conoscenze di base dei sistemi ecologici da restaurare adeguate per potere mettere in atto azioni efficaci.

Questo report intende fornire inoltre un quadro tecnico-scientifico sulle principali metodologie necessarie per sviluppare progetti di restauro ecologico. Verranno illustrati i diversi passaggi operativi, anche ispirati alle linee guida proposte dalla Society for Ecological Restoration (SER), così che enti pubblici e privati possano applicare correttamente criteri, metodologie e buone pratiche nella realizzazione di progetti che possano avere ottime probabilità di successo a medio e lungo termine. Il flusso di lavoro descritto aiuterà a orientare le azioni verso risultati misurabili e sostenibili, anche attraverso l'adozione di Nature based Solutions (NBS) che promuovono specifici servizi ecosistemici e altri approcci innovativi legati all'uso di tecnologie che si possono applicare nell'ambito del restauro.

Infine, il report ha l'ambizioso scopo di gettare le basi scientifiche per una collaborazione interistituzionale, promuovendo la definizione di linee guida specifiche e progetti mirati per il restauro ecologico degli ecosistemi di interesse nazionale. Si intende, infatti, promuovere una sinergia tra le diverse istituzioni e i vari settori operativi per favorire l'implementazione coordinata di progetti che rafforzino la resilienza degli ecosistemi, migliorando la gestione del territorio e garantendo benefici a lungo termine.

Questo documento si rivolge a una vasta gamma di soggetti: amministrazioni pubbliche, ministeri, enti di gestione del territorio, aziende operanti nel settore della gestione ambientale e della conservazione, nonché alle organizzazioni del terzo settore, con l'obiettivo di fornire un supporto utile e operativo per tutti coloro che sono coinvolti, a vario titolo, nei progetti di restauro ecologico.

01

—

NBFC per il restauro degli ecosistemi

1.1 Il restauro della biodiversità

L'umanità riconosce il valore ecologico, sociale ed economico insostituibile degli ecosistemi del pianeta per i servizi che generano, da quelli più funzionali agli aspetti estetici e culturali, che consentono al genere umano di fruire della biodiversità anche da un punto di vista del benessere fisico e mentale. Sebbene proteggere gli ecosistemi ancora integri sia fondamentale, questa pratica è insufficiente considerato il crescente degrado di habitat ed ecosistemi ampiamente documentato sia in mare che nelle terre emerse. Pertanto, negli ultimi anni si è consolidata l'idea che sia necessario non solo ampliare la percentuale di oceani e di terre emerse da porre sotto regime di tutela, ma anche investire nel restauro ecologico, per favorire il recupero degli ecosistemi degradati o distrutti, aiutando a rigenerare e ripristinare la loro biodiversità e i servizi ecosistemici che forniscono.

Il National Biodiversity Future Center (NBFC) ha intrapreso azioni di ricerca finalizzate a individuare le migliori strategie per attivare programmi di restauro ecologico basati su solide conoscenze scientifiche al fine di realizzare interventi efficaci e duraturi nel tempo.

La consapevolezza della necessità di riqualificazione degli ecosistemi è un tema di valenza internazionale. Gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) delle Nazioni Unite (ONU) per il 2030 includono la conservazione e l'arresto della perdita di biodiversità degli ecosistemi marini e costieri (Obiettivo 14) e di quelli terrestri (Obiettivo 15). Al tempo stesso, gli SDGs supportano il restauro e la riqualificazione delle aree degradate, promuovono una gestione sostenibile degli ecosistemi, contrastando il degrado e la desertificazione. Nell'ambito del Kunming-Montreal Global

Biodiversity Framework (GBF 2022), il restauro degli ecosistemi naturali e semi-naturali degradati, inclusi quelli in ambienti urbani, rappresenta uno dei pilastri centrali per invertire la perdita di biodiversità in atto.

Mediante azioni di restauro, di recupero e di riqualificazione, si intende mitigare la frammentazione degli habitat, migliorare la resilienza degli ecosistemi, attivare la fornitura di servizi ecosistemici e promuovere l'adattamento agli effetti del cambiamento climatico. Nell'ambito del GBF 2022 si sottolinea inoltre come gli interventi di restauro siano essenziali per migliorare il benessere umano e ridurre i rischi climatici e gli effetti negativi derivanti dalla degradazione degli ambienti naturali. Infine, per completare il contesto internazionale, l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite ha individuato il periodo 2021-2030 come il "Decennio del Restauro degli Ecosistemi" essenziale non solo per contrastare l'erosione della biodiversità ma per riattivare, riqualificare e rigenerare gli ecosistemi globali.

La comunità scientifica internazionale ha raccolto esperienze e attività in diversi contesti ambientali in merito ai processi di restauro. Da circa 20 anni si è costituita la Society for Ecological Restoration (SER), che ha sviluppato i Principi e gli Standard del Restauro Ecologico, gli strumenti per il monitoraggio dell'efficacia degli interventi (five star rating system) e le buone pratiche per l'implementazione di questi ultimi.

Dall'avvio di NBFC sono stati intrapresi rapporti di collaborazione con la SER allo scopo di integrare la comunità degli scienziati e dei practitioner italiani nel più ampio contesto europeo. Tale integrazione è fondamentale considerando la recente approvazione del-

la Nature Restoration Law, che richiede un approccio condiviso ed armonizzato tra i diversi Paesi membri.

Si sottolinea, inoltre, che le società scientifiche italiane e i diversi gruppi di lavoro, anche in collaborazione con i ministeri e gli enti preposti, hanno sviluppato, negli anni, diversi strumenti utili alle pratiche di restauro ecologico. Questi documenti e conoscenze rappresentano una base di notevole valore per i ricercatori di NBFC per arrivare a definire un processo di restauro ecologico efficace, adatto al contesto nazionale e del mediterraneo e scalabile a seconda degli ambienti.

1.2 Variabili del restauro ecologico

Per restauro ecologico (*ecological restoration*) si intende l'intero processo di restauro delle relazioni ecologiche fondamentali di un ecosistema degradato dall'azione umana, danneggiato o distrutto. L'obiettivo di un processo di 'restoration' è quello di riportare un ecosistema degradato a una condizione migliore dal punto di vista delle relazioni funzionali, migliorandone la stabilità ecosistemica, la resilienza e l'adattamento ai cambiamenti locali e globali, agendo sui fattori di impatto, sulle singole specie e sulle comunità nel suo complesso. Il processo prevede di individuare le condizioni ecologiche di riferimento da raggiungere, rappresentate da habitat integri che caratterizzavano l'area oggetto di restauro prima del suo degrado. Laddove non sia possibile tornare all'ecosistema nativo, ad esempio quando oltre all'alterazione della biodiversità vi è stata anche una perdita di habitat o laddove i cambiamenti globali non consentano il ritorno a una precedente struttura di comunità, è fondamentale individuare un modello di ecosistema compatibile con le caratteristiche ambientali dell'area da riqualificare.

I tempi e le modalità degli interventi di restauro sono molto variabili e dipendono da numerosi fattori, a partire dal livello di degrado sino alla difficoltà attesa di recupero dell'ecosistema potenziale. I risultati degli interventi di restauro possono essere compromessi qualora i fattori di cambiamento indotti dall'azione umana (e.g. incremento della temperatura, frammentazione dell'habitat, eutrofizzazione, consumo di suolo) siano impattanti e persistenti. Ad esempio, in habitat interessati da attività minerarie e dall'eccessivo arricchimento di nutrienti sono stati osservati effetti devastanti sugli ecosistemi che hanno impoverito le relazioni funzionali anche in seguito a ripetuti interventi di restauro. Nei sistemi di acque dolci e marine, la persistenza di stres-

or come l'eutrofizzazione, le presenza di specie non autoctone (Non Indigenous Species, NIS) e la presenza di patogeni sono strettamente associate a esiti insoddisfacenti nelle azioni di restauro.

In alcuni casi, gli elementi di disturbo antropico possono essere più modesti, come, ad esempio, l'inquinamento veicolare urbano, che non impedisce di realizzare foreste e aree verdi in città. Questo suggerisce che non è impossibile attuare piani di restauro in aree soggette a un moderato livello di disturbo e che questo dipende da diversi fattori, tra cui la capacità di resistenza, ripresa e resilienza dell'ecosistema nel tempo. È tuttavia necessario conoscere molto a fondo le dinamiche e le proprietà dell'ecosistema oggetto di restauro e ciò sottolinea la necessità di seguire un approccio scientificamente robusto nell'analisi, nella progettazione e nella valutazione.

Un altro elemento che deve essere considerato riguarda le dimensioni spaziale e temporale dell'intervento di restauro poiché rivestono un ruolo cruciale per garantire un esito positivo del progetto. I piccoli interventi spaziali sono indubbiamente quelli più semplici da gestire ma in molti casi non sono adeguati a recuperare le funzioni ecosistemiche e soprattutto non coprono le scale alle quali operano i disturbi antropici. Dati scientifici relativi a progetti su scala spaziale ampia (>1 km²) tendono a mostrare una maggiore variabilità del successo, in parte a causa delle fluttuazioni ambientali amplificate dal disturbo climatico e da altri fattori di natura antropica, che possono compromettere il potenziale di recupero degli ecosistemi. Tuttavia, una pianificazione strategica che prenda avvio con le attività di restauro per se (e.g. riduzione dei fattori di degrado, azioni di trapian-

to specie di fondanti delle comunità etc.) è in grado di migliorare significativamente gli esiti.

Il restauro su larga scala, implementato a livello paesaggistico, accresce l'efficienza e la resilienza degli ecosistemi, affrontando processi ecologici chiave (come la connettività degli habitat, che garantisce il flusso di organismi tra popolazioni di comunità non adiacenti), fondamentali per garantire il successo a lungo termine nella mitigazione degli effetti del cambiamento climatico e nel mantenimento della biodiversità.

Esempi significativi si hanno con la definizione di "reti ecologiche territoriali" capaci di evidenziare sia

le aree core e buffer, sia gli elementi di collegamento puntuali e lineari.

In tutti i processi di recupero o di restauro risultano determinanti le cartografie di dettaglio basate sulla vegetazione reale e potenziale, sugli habitat e sugli ecosistemi che hanno già prodotto elementi cartografici derivati quali la carte della natura, carte della vegetazione reale e potenziale, carte degli habitat e degli ecosistemi, carte delle ecoregioni, carte dello stato di conservazione degli ecosistemi, ecc. È inoltre fondamentale eseguire una pianificazione modulare degli interventi affinché si possa progettare interventi consequenziali su aree vaste con una visione condivisa.

1.3 Restauro ecologico e riabilitazione

In linea teorica è possibile distinguere gli interventi di 'restauro ecologico' da quelli di 'riabilitazione' (*rehabilitation*).

Il restauro ecologico si propone di ritornare all'ecosistema originario e viene considerato completo quando la condizione di tutte le principali caratteristiche funzionali e strutturali delle comunità dell'ecosistema sono state restaurate e sono funzionalmente attive. Questo si ottiene, in generale, quando vengono eliminate tutte le minacce e si riesce a dar vita ad una comunità ecologica complessa, evoluta e resiliente. In molti casi, si parte da modelli semplificati che sono capaci di evolversi e auto-organizzarsi nello spazio e nel tempo. Una volta completato l'intervento, qualsiasi attività sull'area deve essere considerata come un processo di mantenimento e gestione dell'ecosistema e non dovrebbe prevedere interventi gravosi.

La 'riabilitazione' (*rehabilitation*) ha invece l'obiettivo di ristabilire un livello adeguato di funzionamento dell'ecosistema senza necessariamente ricostituire le condizioni originarie. La riabilitazione è, quindi, una pratica che si propone di riattivare le relazioni ecosistemiche più rilevanti, anche promuovendo la ricolonizzazione o la reintroduzione di specie chiave e rafforzando al contempo le popolazioni che potrebbero spostare gli equilibri ecosistemici. Gli interventi di riabilitazione dovrebbero comunque ricondurre ad un ecosistema resiliente nei confronti dei fattori di stress.

Vi è infine un'ultima distinzione che riguarda la natura (e l'impatto) dell'intervento antropico. In particolare, dovrebbe essere compreso se l'intervento debba

o possa, proattivamente, mettere in campo azioni di restauro attivo (ad es. reintroduzioni), oppure una volta cancellati i fattori di disturbo, l'intervento debba limitarsi a lasciare alle specie locali e all'ecosistema presente il compito di tornare 'naturalmente' al proprio status originario/ideale. Quest'ultima pratica prevede, ovviamente, che la comunità ecologica presente sia resiliente ed in grado di recuperare le sue caratteristiche originarie senza reinserimenti di specie da parte dell'uomo.

Il NBFC, attraverso azioni di ricerca e innovazione in diversi contesti ambientali ed ecosistemici, si è dato il compito di individuare e testare le strategie più efficaci per realizzare interventi capaci di ristabilire la biodiversità e le relazioni funzionali tra gli organismi viventi e di conseguenza le funzioni fondamentali per la salute e il benessere degli ecosistemi. Questo report fornirà indicazioni ed esempi concreti di tali pratiche.

1.4 Nature-Based Solutions

Il restauro ecologico implica pratiche di assistenza nel recupero di ecosistemi che sono stati degradati o distrutti e la loro conservazione nel tempo per prevenire ulteriori alterazioni. L'obiettivo finale è che gli ecosistemi recuperino la loro biodiversità originaria e le funzioni ecosistemiche ad essa associate. Le Nature-based Solutions (NbS) sono definite come "azioni" volte a proteggere, conservare, gestire in modo sostenibile e restaurare ecosistemi naturali e modificati così che possano affrontare le sfide sociali, economiche e ambientali in modo efficace e adattivo, fornendo allo stesso tempo benessere umano, servizi ecosistemici, resilienza e benefici per la biodiversità (UNEP/EA.5/Res.5).

Per il loro alto valore in connessione con la conservazione e il recupero della biodiversità, le NbS sono esplicitamente citate anche nel Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework (GBF) della Convention on Biological Diversity (CBD/COP/DEC/15/4; 19 dicembre 2022), che è uno dei pilastri su cui si basa la Nature Restoration Law. In particolare, le NbS sono individuate nel Target 8 e nel Target 11 del GBF come strumenti da adottare per minimizzare l'impatto del cambiamento climatico sulla biodiversità e per mantenere e aumentare funzioni e servizi ecosistemici per il benessere umano.

In tal senso, le NbS creano sinergie tra il contesto sociale, ambientale ed economico, proponendo soluzioni di beneficio reciproco. Ciò si traduce in diverse tipologie di azioni che sono state classificate da Eggermont et al. (2015) in base all'uso di pratiche ingegneristiche e al coinvolgimento degli stakeholders, nonché ai servizi ecosistemici prodotti: le NbS di "Tipo 1" sono azioni che prevedono interventi minimi sugli ecosistemi, volte principalmente alla loro conservazione e protezione; quelle di "Tipo 2" sono azioni che implicano attività di gestione innovativa e multifunzionale degli ecosistemi e del paesaggio; quelle di "Tipo 3" sono azioni più intrusive che prevedono anche la creazione di nuovi ecosistemi. A differenza delle pratiche di Restoration Ecology, che nel caso delle foreste si concentrano sulla creazione e piantagione di foreste native e sul miglioramento della biodiversità locale (incluse azioni di supporto per le specie a rischio di estinzione locale), le NbS forestali si possono focalizzare nel supportare la forestazione, ma sono anche volte a generare opportunità ricreative e benefiche per il benessere umano oltre a potenziare i servizi ecosistemici di regolazione (es. sequestro del carbonio, prevenzione delle inondazioni) e persino promuovere le attività produttive, come ad esempio quelle basate sulla raccolta e trasformazione del legname.

Un'altra differenza tra le NbS e le pratiche convenzionali, riguarda i luoghi di applicazione: gli sforzi di Restoration Ecology e di conservazione della natura si sono spesso concentrati sulla gestione di siti che presentano (o presentavano) specie e habitat in pericolo e in hotspot di biodiversità. In generale sappiamo che, se fossimo in grado di salvaguardare i 25 hotspot di biodiversità mondiali, potremmo proteggere il 44% di tutte le specie di piante vascolari e il 35% di tutte le specie. Questi hotspot comprendono solo l'1.4% della superficie terrestre e per questa ragione, gli sforzi globali sono stati primariamente indirizzati verso queste aree prioritarie. Al contrario, la gran parte della letteratura sulle NbS si è concentrata su aree urbane e periurbane, non necessariamente inserite in hotspot di biodiversità. Si tratta, in genere, di aree sottoposte a forti stress antropici e che, grazie alle NbS, ospiteranno comunità biologiche in grado di generare servizi ecosistemici capaci di promuovere il benessere delle persone.

Ci possono, inoltre, essere differenze che riguardano le pratiche da adottare. In molti casi, negli interventi di ecological restoration "soft" si praticano azioni di supporto della biodiversità con pratiche poco invasive che possono andare dal rafforzamento di qualche popolazione sino al "rewilding", che sfrutta l'autorganizzazione e l'autonomia dei processi naturali di restaurare la struttura ed il funzionamento di un ecosistema. Al contrario, molte NbS sono costituite da interventi ingegneristici (ad es. barriere filtranti, corridoi verdi, pareti verticali, piccoli corpi idrici) che si basano sulla resilienza degli ecosistemi creati/modificati per riquilibrare a lungo termine aree spesso degradate. In conclusione, il termine NbS è più recente rispetto ai temi convenzionali nell'ambito della Restoration Ecology, ma attualmente entrambi sono molto presenti nei processi e nelle politiche internazionali e intergovernative. Il rischio di considerare sinonimi i due concetti è molto elevato. In questo contesto, la posizione del NBFC si articola come segue:

- La maggior parte dei sistemi naturali si è fortemente e rapidamente alterata e degradata a causa delle attività antropiche. Per bilanciare questa condizione, è forse ragionevole e necessario che alcune aree di elevato valore per la biodiversità riflettano visioni più ecologiche e conservazionistiche, e seguano i principi del restauro degli ecosistemi nativi. Il restauro ecologico è quindi una NbS con finalità specifiche legate alle funzioni ecosistemiche. Va tuttavia precisato che vi possono essere contesti in cui vi sia la necessità di sostenere pri-

mariamente i diritti e i bisogni umani nella gestione di un'area; questo significa realizzare NbS che massimizzino l'aspetto di fruizione antropica rispetto ad alcune funzioni ecosistemiche. Esempi rappresentativi di quest'ultimo elemento riguardano la realizzazione di tetti verdi o pareti verticali, che si concentrano maggiormente sui benefici legati alle temperature e alla protezione dalla luce.

- Il legame più forte delle NbS con gli interessi economici e sociali può aiutare a individuare risorse per intervenire nella natura capaci di modificare aree

antropizzate, alterate o comunque sottoposte a pressioni per riportare la biodiversità. Sebbene ci si aspetti che anche la Restoration Ecology offra alcuni benefici per la società, le NbS rendono più esplicito questo legame evidenziando come taluni interventi possano generare benefici chiari per la società come per esempio la gestione del rischio di inondazioni o più semplicemente abbassando le temperature urbane. In tal senso le NbS hanno la capacità di coinvolgere un'ampia gamma di attori e risorse e di misurare gli impatti anche nel breve periodo.

1.5 Rigenerazione e ricostruzione

Valutare la capacità di insediamento e rigenerazione delle singole popolazioni di un sito, e dell'ecosistema nel suo complesso, permette di definire le azioni da adottare per garantire il restauro dell'ecosistema nativo o comunque del più idoneo. Non sempre servono interventi drastici per realizzare progetti di restauro ecologico efficaci. In alcuni casi, è possibile considerare la via dell'auto-recupero. Questo dipende da numerosi elementi ambientali ed ecologici che caratterizzano l'area e l'ecosistema. Spesso, il processo di autorecupero richiede tempi molto lunghi ed è necessario valutare se questo processo è sufficiente e adeguato alle aspettative.

Per eseguire una valutazione accurata di questa possibilità devono anche essere ben identificati i vincoli e le barriere che hanno determinato o contribuito al degrado intercorso. Eliminando i fattori di disturbo è possibile che le reti di relazioni ecosistemiche che hanno subito una alterazione possano essere restaurate e possano diventare l'elemento alla base dell'auto-restauro del sito.

La rigenerazione naturale, a volte chiamata "restauro passivo", è spesso l'approccio più efficace e sostenibile, sia dal punto di vista biologico-ambientale, sia economico. Tuttavia, quando il potenziale di rigenerazione naturale è assente, lento o incompleto, è necessario operare processi di reintroduzione e/o potenziamento di specie o popolazioni depauperate attraverso interventi di "restauro attivo". In linea con le indicazioni della SER, si possono quindi individuare **TRE MODELLI DI AZIONE PRINCIPALI**:

- 1** | **Rigenerazione naturale (o spontanea):** Quando i danni sono relativamente bassi e le condizioni abiotiche sono stabili, oppure dove si stimano tempi rapidi di auto recupero e popolazioni non troppo frammentate per permettere la ricolonizzazione, è possibile sfruttare la biodiversità presente per recuperare l'ecosistema dopo l'eliminazione (o la mitigazione) dei fattori di disturbo. Questo può includere, ad esempio, la rimozione della contaminazione, del sovrapascolo, della pesca eccessiva, di fattori che determinano la restrizione dei flussi d'acqua e dei regimi di fuoco inappropriati. Si sottolinea che il contesto mediterraneo ha diverse aree ed ecosistemi dove interventi di autorecupero sono possibili anche se l'erosione delle matrici primarie, il suolo in primis, rappresentano un fattore di rischio da prevenire.
- 2** | **Rigenerazione assistita:** Il restauro, in caso di degrado intermedio, richiede la rimozione delle cause locali e interventi attivi per correggere le alterazioni a livello abiotico e biotico e innescare i processi di restauro. Esempi di interventi sulla componente abiotica includono la bonifica attiva delle condizioni chimiche o fisiche del substrato, il rimodellamento dei corsi d'acqua e del suolo, il restauro dei corridoi ecologici forestali e di passaggio dei pesci negli estuari e lungo i fiumi. Esempi di interventi sulla componente biotica includono: il controllo delle specie esotiche invasive, la reintroduzione supplementare di specie che non possono migrare o il disperdersi nell'area di restauro senza assistenza e rafforzamento di popolazioni depauperate dove la diversità genetica è fortemente erosa.
- 3** | **Ricostruzione:** Dove il danno è elevato, le cause del degrado devono essere rimosse o mitigate. Devono essere considerati e corretti tutti i danni riportati ai contesti biotici e abiotici per consentire l'adattamento all'ecosistema di riferimento nativo. In alcuni casi, parte significativa del biota potrebbe essere restaurata tramite azioni di reintroduzione. Le specie/popolazioni reintrodotte dovranno poi essere messe in condizione di interagire all'interno delle comunità presenti e con l'ambiente per generare relazioni funzionali (ad es. servizi ecosistemici). In alcuni casi, dove il recupero sequenziale è una caratteristica dell'ecosistema, queste azioni devono essere reiterate nel tempo fino al raggiungimento della piena stabilità. In tali casi, è necessario immaginare una successione di ecosistemi che partono da quelli meno complessi e via via si accrescono verso la condizione di massima complessità.

02

—

Contenuti e opportunità della Nature Restoration Law

2.1 La Nature Restoration Law

Il 27 febbraio 2024 è stato approvato il testo definitivo della Nature Restoration Law dell'UE, o meglio, del Regolamento sul Restauro della Natura, il cui iter era iniziato due anni prima, quando, il 22 giugno 2022, la Commissione Europea presentò al Parlamento europeo la proposta di legge. Solo il 17 Giugno del 2024 si è giunti infine alla definitiva approvazione della normativa da parte del Consiglio d'Europa.

La Nature Restoration Law nasce come una proposta proattiva per migliorare la qualità degli ecosistemi e non solamente come piano di protezione della biodiversità. Gli habitat terrestri erosi dell'UE sono oltre l'80%, per cui il primo articolo della legge impone di restaurare almeno il 20 % delle zone terrestri e almeno il 20 % delle zone marine entro il 2030, e tutti gli ecosistemi che necessitano di ripristino entro il 2050.

Restaurare, per tutti gli habitat, comprese le aree urbane e i terreni agricoli:

- ENTRO IL 2030** almeno il 30% della superficie degli habitat terrestri e marini non in buono stato
- ENTRO IL 2040** almeno il 60% degli habitat non in buono stato
- ENTRO IL 2050** almeno il 90% degli habitat non in buono stato

OLTRE AD OBIETTIVI SPECIFICI PER GLI ECOSISTEMI

Il regolamento si declina in target specifici, giuridicamente vincolanti per gli Stati membri, che prevedono:

Obiettivi basati sulla legislazione esistente per determinare aree ad elevato grado di minaccia come le zone umide, le foreste, le praterie, i fiumi e i laghi, la brughiera e la macchia mediterranea, gli habitat rocciosi e le dune. In questi casi si richiede di migliorare e ristabilire gli habitat incrementando la biodiversità, rafforzando le popolazioni e ampliando dimensioni e connettività tra di esse.

Obiettivi per gli ecosistemi forestali finalizzati a ottenere una tendenza all'aumento del legno morto in piedi e a terra, generare e mantenere foreste di età eterogenea, migliorare la connettività a livello di popolazione e più in generale supportare la biodiversità e la presenza di specie target di interesse comunitario.

Obiettivi per gli ecosistemi agricoli volti ad aumentare la presenza di specie impollinatrici e della biodiversità in generale, anche del suolo, per favorire il ciclo delle risorse, incrementare il carbonio organico e la fertilità. Per quanto riguarda alcune aree specifiche, come le torbiere e gli ecosistemi agricoli di montagna, vi sono obiettivi di tutela, implementazione e riqualificazione.

Obiettivi specifici per invertire il declino delle popolazioni di impollinatori entro il 2030 e successivamente incrementare la loro presenza e diversità in tutte le aree. A questo si associano azioni di monitoraggio.

Obiettivi sulla connettività fluviale finalizzati a identificare e rimuovere le barriere che impediscono la connettività delle acque di superficie, in modo da riportare almeno 25.000 km di fiumi a uno stato di libero scorrimento entro il 2030.

Obiettivi sugli ecosistemi marini volti a restaurare gli habitat marini che offrono benefici significativi, anche per la mitigazione dei cambiamenti climatici, e restaurare gli habitat caratterizzati da specie marine iconiche.

Obiettivi sugli ecosistemi urbani, ridurre la perdita di spazi verdi urbani e di copertura arborea entro il 2030 e favorire l'espansione della biodiversità.

L'accordo prevede di agire in modo prioritario nei siti Natura 2000, almeno fino al 2030. Sugli agroecosistemi si prevedono interventi mirati senza compromettere contesti agricoli produttivi in cui vi siano coltivazioni minacciate e indebolite.

Dal punto di vista dell'operatività, entro un anno dall'entrata in vigore della legge, la Commissione Europea deve valutare i costi del processo di restauro ecologico e individuare strumenti finanziari dedicati. In questo contesto si richiama anche ai contributi privati.

1.86 TRILIONI DI €
BENEFICI DEL RESTAURO
ENTRO IL 2050

DA € **8** A € **38**
DI RITORNO PER OGNI
EURO INVESTITO

I benefici del restauro sarebbero pari a 1,86 trilioni di euro entro il 2050 a fronte di un costo stimato molto più basso pari a 154 miliardi. I benefici in termini di mitigazione climatica compensano da soli questi costi. È stato inoltre stimato che per ogni euro investito nel restauro ecologico ce ne siano dagli 8 ai 38 in ritorno.

TOT. PRODOTTO
INTERNO LORDO
GLOBALE



44 TRILIONI DI €
DIPENDE DALLA
FUNZIONALITÀ DEI
DIVERSI HABITAT

Secondo il World Economic Forum, quasi la metà del prodotto interno lordo globale (corrispondente al valore di 44 trilioni di dollari) dipende dai servizi ecosistemici garantiti dalla funzionalità di diversi habitat. La perdita di biodiversità, i cambiamenti climatici e il collasso degli ecosistemi sono i principali rischi del prossimo decennio e potrebbero comportare un calo del PIL globale di 2,7 trilioni di dollari all'anno entro il 2030. Una simile flessione economica avrebbe un effetto devastante su povertà, sicurezza, benessere sociale e uguaglianza.

La Nature Restoration Law è organizzata in 28 articoli suddivisi in 6 capi e 7 allegati.

Regolamento UE sul Restauro della Natura – Articoli

Capo I – Disposizioni generali (Art. 1-3)

**28 Articoli (divisi in 6 Capi)
+ 7 Allegati (I-VII)**

Capo II – Obiettivi e obblighi di restauro (Art. 4-13)

- Art. 4 – Restauro degli ecosistemi **terrestri**, **costieri** e **d'acqua dolce**
- Art. 5 – Restauro degli ecosistemi **marini**
- Art. 6 e Art. 7 – Energia da fonti rinnovabili e difesa nazionale
- Art. 8 – Restauro degli ecosistemi **urbani**
- Art. 9 – Restauro della connettività naturale dei **fiumi** e delle funzioni naturali delle relative **golene**
- Art. 10 – Restauro delle popolazioni di **impollinatori**
- Art. 11 – Restauro degli ecosistemi **agricoli**
- Art. 12 – Restauro degli ecosistemi **forestali**
- Art. 13 – Piantare tre miliardi di alberi aggiuntivi

Capo III – Piani nazionali di restauro (Art. 14-19)



- e.g. Art. 14 – Preparazione
- Art. 15 – Contenuto
- Art. 16 – Presentazione della bozza
- Art. 17 – Valutazione
- Art. 19 – Revisione

Capo IV – Monitoraggio e rendicontazione (Art. 20 and 21)

Capo V – Atti delegati e di esecuzione (Art. 22-24)

Capo VI – Disposizioni finali (Art. 25-28)

↑ **Struttura della normativa europea sul restauro della natura**, suddivisa in 28 articoli raggruppati in 6 capitoli e 7 allegati (I-VII). I capitoli coprono disposizioni generali (Capitolo I), obiettivi e obblighi di restauro (Capitolo II), piani nazionali di restauro (Capitolo III), monitoraggio e rendicontazione (Capitolo IV), atti delegati e di esecuzione (Capitolo V) e disposizioni finali (Capitolo VI). Tra i temi principali figurano il restauro di ecosistemi terrestri, marini, agricoli, urbani e forestali, il ripristino delle popolazioni di impollinatori, la connettività naturale dei fiumi e la piantumazione di tre miliardi di alberi aggiuntivi.

Courtesy: CMCC (www.cmcc.it)

Gli obiettivi di restauro e le scadenze da rispettare sono specificati nel Capitolo II. La possibilità per gli Stati membri di “dare priorità, fino al 2030, alle aree situate nei siti Natura 2000” è specificata nell'articolo 4. Sempre all'art. 4, il regolamento fornisce indicazioni sul restauro degli ecosistemi terrestri, costieri e d'acqua dolce.

L'art. 5 riguarda in modo specifico gli ecosistemi marini, l'art. 8 quelli urbani mentre l'art. 9 dettaglia gli elementi legati ai fiumi e alle pianure alluvionali. Infine, l'art. 10 si concentra sugli impollinatori, l'art. 11 sugli agroecosistemi, l'art. 12 definisce gli elementi legati alle foreste.

Si conclude con l'art. 13 che prevede l'impegno per gli Stati membri “a piantare almeno 3 miliardi di nuovi alberi entro il 2030 a livello dell'Unione”, nel pieno

rispetto dei principi ecologici e garantendo la diversità delle specie e la diversità in termini di struttura di età. Gli altri capitoli del regolamento riguardano più gli aspetti gestionali e organizzativi. Per esempio, i capi III e IV stabiliscono come e quando gli Stati membri devono preparare e valutare i piani di attuazione nazionali, compresi il monitoraggio e la rendicontazione.

Per quanto concerne i sette allegati, i primi due definiscono gli habitat terrestri e marini con riferimento agli articoli 4 e 5, il terzo è un elenco di specie marine; nel IV, V e VI sono definiti una serie di indicatori di biodiversità (es. presenza di specie di uccelli target; legno morto) che vanno seguiti e rispettati principalmente negli ambienti agricoli e forestali. Infine, l'allegato VII contiene diversi esempi di misure di restauro.

Regolamento UE sul Restauro della Natura – Allegati

Allegato I – Habitat terrestri, costieri e d'acqua dolce (rif. Art. 4)

Allegato II – Habitat marini (rif. Art. 5)

Allegato III – Specie marine (rif. Art. 5)

Allegato IV – Indicatori per Ecosistemi Agricoli (rif. Art. 11)

- (a) indice di farfalla delle praterie;
- (b) stock di carbonio organico nei suoli minerali coltivati;
- (c) quota di terreni agricoli con caratteristiche paesaggistiche ad alta biodiversità.

Allegato V – Indice degli uccelli dei terreni agricoli

Allegato VI – Indicatori per gli ecosistemi forestali (rif. Art. 12)

- (a) legno morto in piedi;
- (b) legno morto a terra;
- (c) quota di foreste con struttura disetanea;
- (d) connettività forestale;
- (e) stock di carbonio organico;
- (f) quota di foreste dominate da specie arboree autoctone;
- (g) diversità delle specie arboree.

Allegato VII – Esempi di misure di restauro

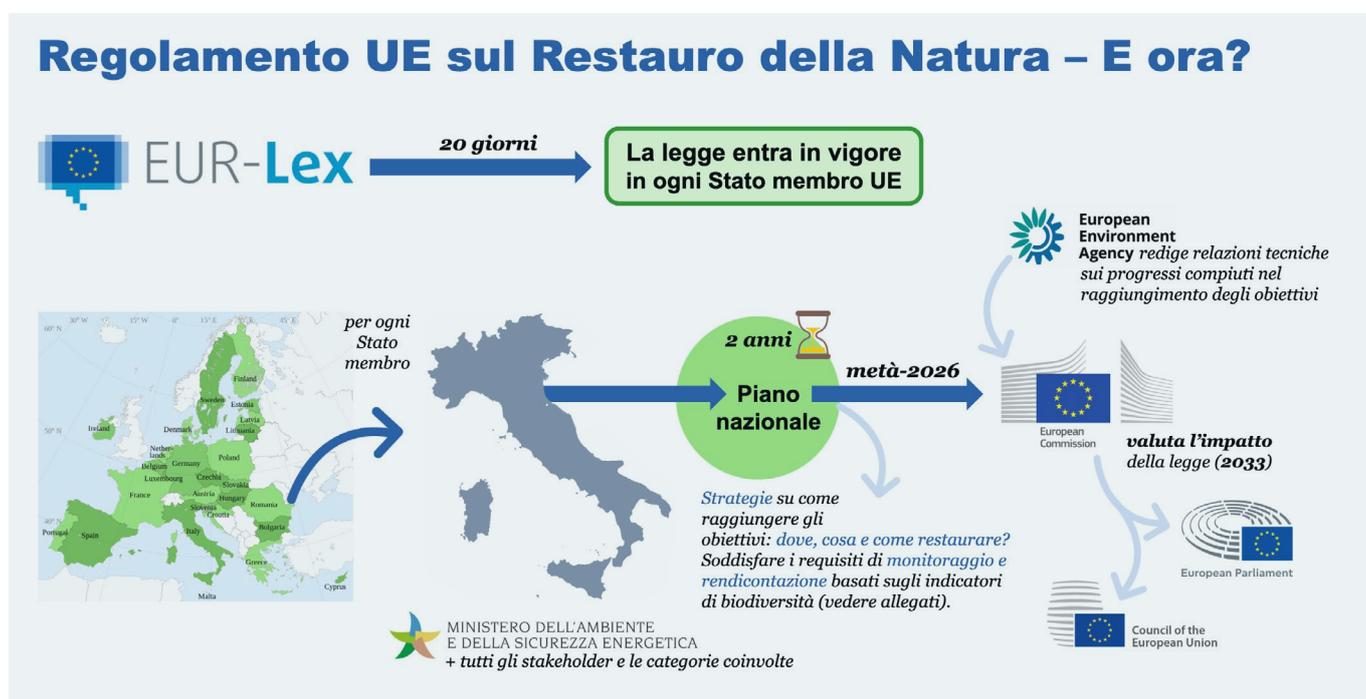
↑ Elenco degli allegati della normativa europea sul restauro della natura, che includono indicatori per habitat terrestri, costieri, marini, ecosistemi agricoli e forestali. Gli allegati forniscono riferimenti specifici ad articoli chiave e includono esempi di misure pratiche per il restauro.

Courtesy: CMCC (www.cmcc.it)

2.2 Fasi di attuazione e verifica

La Restoration law è ufficialmente entrata in vigore il 18 agosto 2024 e, a valle di ciò, gli Stati membri devono redigere i piani di attuazione territoriali. I singoli Paesi dovranno presentare alla Commissione, entro la metà del 2026, piani nazionali di restauro.

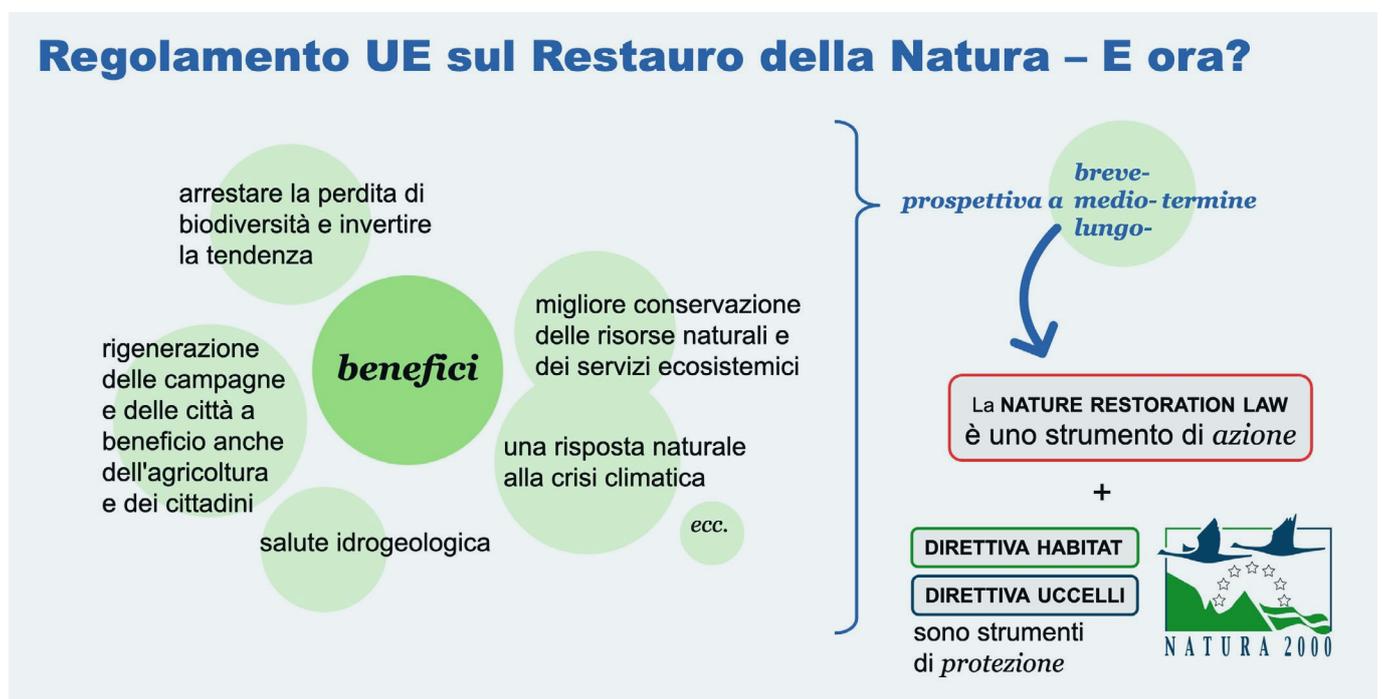
Questo documento dovrà descrivere come ciascuno Stato intende raggiungere gli obiettivi fissati, con le azioni di monitoraggio e la rendicontazione dei progressi compiuti verso tali obiettivi.



↑ Fasi successive all'entrata in vigore della normativa sul restauro della natura negli Stati Membri UE. Entro due anni, ogni Stato deve redigere un piano nazionale con strategie e indicatori di monitoraggio. L'Agenzia Europea dell'Ambiente valuta i progressi, e la Commissione UE esaminerà l'impatto della legge nel 2033. Courtesy: CMCC (www.cmcc.it)

Gli Stati membri sceglieranno dove operare, cosa restaurare e come agire nelle diverse aree. L'Agenzia Europea dell'Ambiente ha il compito di redigere relazioni tecniche periodiche sui progressi compiuti nel raggiungimento dei target dei singoli Paesi e dell'Europa.

La Commissione Europea valuterà poi l'impatto della legge nel 2033, con particolare attenzione a settori come l'agricoltura, la pesca e la silvicoltura, per apportare eventuali correzioni.



↑ Benefici previsti della normativa europea sul restauro della natura, uno strumento d'azione a breve, medio e lungo termine, in complemento con le direttive Habitat e Uccelli.
Courtesy: CMCC (www.cmcc.it)

Infine, è importante sottolineare che le direttive Uccelli e Habitat sono strumenti di protezione e conservazione, mentre il regolamento sul Restauro della Natura è uno strumento di pianificazione e di azione, di restauro e riqualificazione.

Questo significa che non è sufficiente proteggere, ma è necessario ampliare, connettere e migliorare la tutela e la diversità della biodiversità in tutti i contesti, agendo direttamente sugli ecosistemi, partendo da quelli più alterati.

2.3 NBFC per la Nature Restoration Law

Il National Biodiversity Future Center, grazie alle solide competenze scientifiche di oltre 2000 ricercatori e ricercatrici, innovatori e innovatrici, alla disponibilità di piattaforme e di potenti strumenti di analisi dati, tecnologie e di metodi di analisi, si propone come attore chiave nel supportare l'Italia nel raggiungimento degli obiettivi della Nature Restoration Law, con particolare riferimento alle seguenti azioni:

- 1 | **Supporto scientifico** riguardo il quadro conoscitivo e analitico rispetto allo stato attuale degli ecosistemi e supporto alla progettazione e allo sviluppo del Piano Nazionale che sarà redatto dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE). Tale supporto potrà riguardare sia aspetti strettamente legati alla biodiversità, alle funzioni e ai servizi ecosistemici, sia elementi relativi alla mappatura e definizione dei diversi habitat, incluse le strategie di restauro e la selezione delle NbS più idonee.
- 2 | **Analisi degli interventi** con particolare riferimento agli output, esiti e impatti anche ai fini di rendicontazione scientifica dell'intervento, analisi di funzionalità ecosistemica e conservazione della biodiversità nel tempo.
- 3 | **Monitoraggio** NBFC dispone di protocolli innovativi e personalizzati per i diversi ambienti ed ecosistemi e soprattutto di tecnologie integrate capaci di monitorare gli interventi e la loro resilienza nel tempo.
- 3 | **Valorizzazione** Sebbene il regolamento non indichi sanzioni specifiche nel caso in cui non si raggiungano determinati target, più volte si sottolinea come il restauro possa portare a benefici ambientali, sociali ed economici. In linea con questa visione, NBFC opera per valorizzare la biodiversità e contabilizzare tale valore, anche coinvolgendo il settore privato.

2.4 Valore economico del Capitale Naturale e impatto del Cambiamento climatico

Studi recenti, tra cui Bastien-Olvera et al. (2024), evidenziano che gli impatti del cambiamento climatico sui naturali sono destinati ad intensificarsi nel corso del secolo, con implicazioni significative per l'economia e la società. L'Italia, con la sua posizione geografica unica e la diversità degli ecosistemi, si trova in una situazione

particolarmente delicata. Gli ecosistemi mediterranei sono tra i più vulnerabili agli effetti del cambiamento climatico. Le trasformazioni in atto includono espansione e contrazione degli areali di distribuzione delle specie, scomparsa di specie legata alla rapidità e intensità della variazioni climatiche, alterazioni nelle dinamiche

fenologiche e modifiche delle relazioni ecosistemiche. Questi cambiamenti stanno ridefinendo in modo fondamentale la composizione delle comunità animali e vegetali lungo la penisola italiana, con effetti a cascata sulla funzionalità e sui servizi degli ecosistemi.

I risultati delle ricerche evidenziano come i danni al capitale naturale si traducono in costi economici e sociali sostanziali. La riduzione dei benefici non destinati al mercato, inclusi i servizi ecosistemici culturali e le funzioni regolative, è stimata in circa il 9% entro il 2100 a livello mondiale. L'impatto sul PIL potrebbe raggiungere circa l'1,3% rispetto allo scenario di riferimento. Queste considerazioni evidenziano la necessità di mettere in atto misure protettive e di restauro.

Il restauro della biodiversità deve essere concepito come un investimento strategico per la resilienza territoriale. Esso rappresenta uno strumento essenziale per l'adattamento ai cambiamenti climatici, offrendo al contempo supporto allo sviluppo sostenibile.

La preservazione del patrimonio naturale nazionale attraverso il ripristino funzionale e strutturale degli habitat degradati rappresenta non solo un imperativo ambientale ma anche una strategia economica fondamentale. Un ripristino ecologico efficace richiede un approccio integrato che consideri non solo gli aspetti ecologici, ma anche le dimensioni socio economiche e i servizi ecosistemici, nel quadro dell'adeguamento continuo ai cambiamenti climatici. La sfida del restauro ecologico in Italia richiede una comprensione sofisticata sia delle dinamiche attuali degli ecosistemi che degli scenari climatici futuri. Adottando approcci di ripristino basati sulla scienza, che tengano conto degli impatti del cambiamento climatico, possiamo lavorare per preservare e valorizzare il ricco capitale naturale dell'Italia. Questo investimento nel ripristino ecologico produrrà benefici non solo in termini di conservazione della biodiversità, ma, attraverso il miglioramento dei servizi ecosistemici, anche all'aumento della resilienza socio-economica ai cambiamenti climatici.

2.5 Attività e strumenti di NBFC per la Nature Restoration Law

1. IMPLEMENTARE GLI ECOSISTEMI FORESTALI

LE RICERCHE

- Mappatura e monitoraggio delle aree degradate rurali e periurbane caratterizzate da necessità di azioni di recupero proattive distinguendo in particolare: Aree che hanno subito eventi meteorologici estremi; Aree degradate da fenomeni di inquinamento di aria, acqua e suolo; Aree percorse da incendi; Aree che hanno subito profonde alterazioni per la realizzazione di impianti di energia rinnovabile (fotovoltaico, eolico).
- Supporto e ottimizzazione della filiera vivaistica in collaborazione con il CUFA-CNCB al fine di selezionare le specie/varietà/provenienze idonee alle diverse aree oggetto di restauro.
- Test sulle performance delle specie/varietà/provenienze ai diversi fattori di stress ambientali realizzati sia in laboratorio con esperimenti manipolativi sia con la realizzazione di "solar dome" innovativi per simulare condizioni di stress, sia di pieno campo con impianti pilota.
- Analisi della variabilità della biodiversità in situazione pre e post impianto con particolare riferimento alla evoluzione dell'ecosistema forestale includendo il suolo, le componenti biotiche e abiotiche e le interazioni con le forzanti ambientali.
- Database curato dei tratti funzionali delle specie forestali presenti sul territorio nazionale che sono rilevanti per numerose analisi fra cui: a) Modelli di Distribuzione delle specie; b) risposta delle specie ai cambiamenti climatici; c) calcolo di metriche della comunità (es. tratti funzionali medi delle comunità o dispersione funzionale).
- Mappatura della composizione della struttura delle comunità forestali (abbondanza relativa, area basimetrica, altezza della "canopy").
- Analisi delle relazioni fra biodiversità e funzioni eco-sistemiche in ambito forestale e agro-forestale basate su esperimenti di manipolazione della biodiversità e su reti di monitoraggio nazionali includendo anche le componenti biotiche e abiotiche del suolo.

SOLUZIONI

- Definizione dei protocolli di restoration degli ecosistemi forestali legati alla tipologia di intervento, alla messa a dimora di nuovi individui e al grado di ricolonizzazione naturale degli ecosistemi stessi.
- Ottimizzazione della filiera vivaistica in termini di quantità e qualità del materiale prodotto grazie a una serie di misure sia di carattere scientifico che organizzativo anche attraverso sistemi di certificazione (block-chain).
- Definizione dei protocolli e scelta degli indicatori legati alle azioni di restauro, inclusi quelli di tipo NbS, sulla stima dei servizi ecosistemici forniti in ambito ambientale, sociale ed economico legati all'intervento di messa a dimora di nuove piantine per la rinaturazione dell'ecosistema forestale degradato.
- Rilascio di linee guida per l'ottimizzazione dei protocolli di realizzazione degli impianti fotovoltaici ed eolici atti a minimizzare gli impatti sulla biodiversità e sugli ecosistemi forestali anche attraverso misure di compensazione e di ripristino nelle aree limitrofe agli impianti stessi.
- Criteri per la progettazione su scala di paesaggio della composizione e distribuzione delle comunità forestali basati sulle relazioni fra biodiversità e funzioni ecosistemiche per la massimizzazione della capacità di assorbimento del carbonio e della resilienza ai cambiamenti climatici.
- Sistemi di monitoraggio in continuo (da satellite) della distribuzione e composizione delle comunità forestali e indicazioni sulle principali funzioni eco-sistemiche.

2. CONTRASTARE DECLINO DEGLI IMPOLLINATORI E PROMUOVERE LA BIODIVERSITÀ FUNZIONALE

LE RICERCHE

NBFC è impegnato in diverse azioni volte alla protezione e al rafforzamento di popolazioni di insetti impollinatori con particolare riferimento a:

- Mappatura, identificazione e comparazione delle comunità biotiche di insetti impollinatori in diversi contesti ambientali (naturali, rurali, urbani).
- Ricerca e sviluppo di approcci per incrementare e mantenere la presenza degli insetti impollinatori. La strategia è la riattivazione dei processi ecosistemici e popolazionistici (fitness, risorse primarie-consumatori). L'azione si struttura nella definizione di criteri per promuovere risorse floreali considerando la fenologia e le caratteristiche nutrizionali che queste possono apportare agli insetti durante tutto il loro ciclo vitale. Inoltre, si provvede anche alla definizione di strategie per incrementare le nicchie di nidificazione e riparo. Sono state condotte analisi delle esigenze di nidificazione di diverse specie e dei fattori di protezione più efficaci. Questo consente di realizzare interventi di restauro mirati capaci di favorire la nidificazione e sopravvivenza degli insetti.
- Valutazione della risposta ai fattori di stress. Questa attività, combinando azioni sul campo e approcci analitici multi-omici, ha permesso di valutare le risposte fisiologiche e morfo-anatomiche degli insetti impollinatori a stress di natura climatica e antropica. Grazie a biomarcatori di stress sono state individuate strategie di mitigazione e sistemi di monitoraggio dedicati.
- Analisi delle strategie di gestione della biodiversità. Studio della risposta degli insetti impollinatori alle strategie di gestione del verde con particolare riferimento alla gestione degli sfalci in aree verdi e della massa legnosa delle foreste urbane.
- Analisi della complessità di comunità e valutazione di segnali di criticità. Studio della biodiversità funzionale degli insetti impollinatori e di reti di interazioni piante-impollinatore.

SOLUZIONI

- Definizione di biomarker di qualità e benessere degli impollinatori da usare come linee guida nei programmi di monitoraggio e conservazione della biodiversità.
- Definizione di mix di specie di piante a fiore per rafforzare le comunità vegetali foraggiate da insetti impollinatori in contesti urbani, periurbani e in aree spontanee. Sviluppo di strategie di semina strisce floreali capaci di rispondere alle esigenze degli impollinatori.

- Definizione di procedure di gestione del verde urbano privato e pubblico e di buone pratiche per tutelare i cicli di vita degli insetti impollinatori: es presenza di legno residuo, foglie, esigenze idriche, sviluppo di strategie di riqualificazione, restauro e implementazione.
- Realizzazione di nidi artificiali per animali, in particolare per quelli che forniscono servizi ecosistemici (ad esempio, impollinatori, pipistrelli e uccelli insettivori o dispersori di semi) al fine di incrementare e diversificare le comunità animali e rendere e complessa e stabile la rete di interazioni tra specie.
- Sviluppo di modelli di connettività ecologica a supporto di azioni di pianificazione urbane, periurbana e rurale.

3. RESTAURO E CONNETTIVITÀ DI FIUMI E AREE UMIDE

LE RICERCHE

NBFC è impegnata nello studio della biodiversità dei fiumi e delle aree umide con le seguenti azioni di ricerca:

- Valutazione della biodiversità delle aree umide e dei fiumi, comprendendo anche taxa meno noti ma importanti per le diverse relazioni funzionali negli ecosistemi. Studio approfondito di distribuzione dei diversi gruppi di organismi da batteri e cianobatteri fino ad alghe e funghi, organismi planctonici e invertebrati acquatici tra i quali insetti, molluschi, anellidi, platelminti, rotiferi, tardigradi, crostacei.
- Analisi e azioni di monitoraggio su habitat acquatici temporanei come stagni, paludi, pozze temporanee e fiumi intermittenti riportati nella Direttiva "Habitat", e su specie di rilievo sia conservazionistico (incluse nella lista rossa dell'IUCN) sia gestionale (con particolare riferimento ad alcune specie inserite nella lista nera redatta nel 2016 dall'UE).
- Analisi della distribuzione degli organismi acquatici con vario grado di possibilità di spostamento attraverso la rete fluviale, in modo da poter monitorare l'effettivo miglioramento della connettività a seguito delle azioni di restauro della continuità fluviale, con particolare attenzione alle specie maggiormente impattate dalle barriere.
- Studio degli organismi delle torbiere, includendo anche organismi non attualmente considerati dalle agenzie per l'ambiente, in particolare gastrotrichi, rotiferi e tardigradi, in modo da poter definire lo stato della biodiversità delle torbiere.
- Revisione della tassonomia di organismi presenti in Italia e descrizione di nuove specie (molte endemiche), anche al fine di consentire un'adeguata valorizzazione della biodiversità di fiumi, torrenti e zone umide per una più efficace pianificazione di azioni di tutela e ripristino. I principali gruppi considerati sono Insetti (efemerotteri, tricoteri, ditteri chironomidi), crostacei (copepodi, cladoceri), oligocheti, gastrotrichi, rotiferi, tardigradi, clorofite, rodofite, diatomee, batteri e cianobatteri.
- Studio della struttura forestale di popolamenti di specie autoctone riparie, compresa la componente erbacea, tramite indagini vegetazionali e remote sensing ed analisi della salute dei suoli forestali ripari, con particolare riferimento al ciclo biogeochimico dei nutrienti, compresa la presenza di contaminanti.
- Caratterizzazione dei processi di germinazione e di introgressione genetica in popolazioni naturali di pioppo nero e bianco di ibridi coltivati in zone riparie, con particolare riferimento ad interventi di restauro ecosistemico pregressi in zone di lanca e boschi da seme in zone riparie.

SOLUZIONI

- Predisposizione di mappe di distribuzione aggiornate di specie e habitat acquatici prioritari e presenti in Direttiva "Habitat" come strumenti per la pianificazione di azioni di restauro.
- Sviluppo di modellizzazioni geospaziali e strumenti per la pianificazione territoriale in diverse aree umide e fiumi.
- Modelli concettuali per prevenire l'introduzione volontaria e/o involontaria di specie non native e per sviluppare strategie di mitigazione.
- Strumenti di monitoraggio del recupero delle torbiere in seguito ad azioni di restauro.
- Sviluppo di strumenti di identificazione degli organismi acquatici (e.g. efemerotteri, plecoteri, tricoteri) mediante sistemi di tassonomia integrata.
- Sviluppo di strumenti di monitoraggio ad alta risoluzione nel tempo e nello spazio e user-friendly per definire interventi mirati e tempestivi nelle zone riparie soggette a ripristino ecosistemico.

4. RESTAURO E IMPLEMENTAZIONE DEGLI ECOSISTEMI MARINI

LE RICERCHE

NBFC è impegnata nello studio degli ecosistemi marini a diversi livelli:

- Mappatura e analisi dello stato della biodiversità, anche attraverso strumenti omici, degli habitat marini, con particolare attenzione ai contesti più a rischio e di più elevato valore ecologico come il coralligeno e le biocenosi di coralli bianchi profondi, le praterie di fanerogame, le foreste macroalgali, i banchi di ostriche e altri ecosistemi marini essenziali.
- Supporto alla pianificazione delle nuove aree da proteggere per raggiungere il target del 30x30 e del 10x10 per rafforzare le attuali strategie di protezione fornendo ulteriori conoscenze per ridurre / migliorare la gestione di attività che danneggiano gli ecosistemi marini (es. pesca a strascico).
- Sviluppo di strumenti di mitigazione degli impatti della pesca, sia professionale che ricreativa, per ridurre l'incidenza del bycatch e monitorare e quantificare l'attività di pesca illegale.
- Studio delle potenzialità di sfruttamento di specie marine non indigene per limitarne l'espansione e ridurre l'impatto sulle specie autoctone;
- Realizzazione di Habitat Suitability Maps di specie chiave per fornire uno strumento per l'individuazione di siti idonei alla realizzazione di interventi di restauro.
- Valutazione delle condizioni dell'habitat: NBFC sta sviluppando metodologie per valutare le condizioni dell'habitat e stabilire criteri e soglie specifiche, identificare aree di riferimento favorevoli e valutare la qualità, la quantità e la connettività degli habitat. Ciò comporta la creazione di un quadro logico e

di una roadmap per condurre valutazioni complete delle condizioni e determinare le condizioni di riferimento favorevoli per gli habitat e le specie associate, basandosi sugli sforzi esistenti nei mari europei nell'ambito della Direttiva Quadro sulla Strategia Marina (MSFD).

- Sviluppo di strumenti di pianificazione dello spazio marittimo per elaborare modelli di fruizione delle acque territoriali che combinino lo sviluppo economico, in un contesto di blue economy, e la salvaguardia ed il restauro della biodiversità; in questo contesto, lo sviluppo di criteri per l'allocazione dei target di restauro (systematic restoration planning) è uno degli obiettivi di NBFC.
- Supporto conoscitivo per limitare l'inquinamento chimico. NBFC, oltre a sviluppare sistemi di analisi per gli inquinanti dell'acqua, ha realizzato azioni di ricerca conoscitiva anche sui contaminanti emergenti e su quelli che stanno producendo maggiori effetti sulla biodiversità, incluse le bioplastiche.
- Tutela delle specie marine minacciate. Il regolamento include specifiche disposizioni per proteggere specie come tartarughe marine, squali e altri predatori che regolano la catena alimentare marina, ma anche produttori primari ed invertebrati. NBFC promuove programmi per il recupero delle popolazioni di specie minacciate e per la protezione delle loro aree di riproduzione.
- Ruolo nel sequestro di carbonio negli ecosistemi marini: il restauro degli ecosistemi marini contribuisce alla cattura di CO₂. Le praterie di Posidonia e le foreste macroalgali, così come le biocostruzioni del coralligeno, ad esempio, sequestrano quantità di carbonio molto elevate per ettaro. Il regolamento stabilisce obiettivi specifici per la protezione e il restauro di questi habitat.

SOLUZIONI

- Sviluppo di protocolli e tecnologie per il restauro degli ecosistemi costieri, subtidali e profondi. Protocolli e test pilota per il restauro di praterie di fanerogame, foreste macroalgali, coralligeno, banchi di ostriche e di vermetidi, biocenosi a coralli profondi.
- Realizzazione di interventi in non meno di 15 aree di studio, in 7 diversi tipi di Habitat, intervenendo sul recupero di determinate specie target.

- Quantificazione dei costi e benefici del restauro marino, per le diverse tipologie di habitat, utilizzando diversi approcci.
- Quantificazione dei servizi ecosistemici, con valutazione delle disponibilità a pagare da parte della collettività per la conservazione ed il restauro degli ecosistemi oggetto di indagine.

5. IMPLEMENTAZIONE DELLA BIODIVERSITÀ IN CONTESTO URBANO

LE RICERCHE

Le azioni in essere nell'ambito di NBFC sulla restoration ecology in aree urbane sono:

- Definizione e mappatura di 'urban ecosystem areas' a livello nazionale (articolo 14.4 Restoration Law), a cui NBFC ha aggiunto un target di tipificazione volto a individuare i sottotipi di città.
- Armonizzazione e sinergia con i conti economici ambientali tematici relativi agli ecosistemi urbani, previsti dal SEEA-EA delle Nazioni Unite e in via di definizione a livello europeo (approvando regolamento sui Conti degli Ecosistemi) e nazionale (Gruppo di Lavoro interistituzionale sui Conti degli Ecosistemi, a cui partecipano diversi membri di NBFC).
- Analisi quali-quantitativa del tree cover e green areas nelle città considerando anche composizione, struttura e funzionalità del 'verde'. Sviluppo di modelli di ricerca partecipata e condivisa e progettazione nello sviluppo di NbS urbane, tenendo sempre in considerazione il contesto spaziale e la necessità che aree verdi ricreate/restaurate si inseriscano nel tessuto urbano complessivo.
- Studio dei suoli urbani volto a stimare caratteristiche, fertilità e funzioni ecosistemiche dei suoli.
- Studio dei Piani del Verde attualmente presenti in Italia come strumento di attuazione degli "ambitious Nature Urban Plans" richiesti dall'European Biodiversity Strategy 2030 per i comuni sopra i 20.000 abitanti, entro i quali ricadono sia dati relativi all'attuale stato del capitale naturale dei singoli comuni sia processi di transizione ecologica ad essi collegati.
- Analisi dell'evoluzione delle aree verdi nel tempo e sviluppo di reti ecologiche funzionali e resilienti, anche considerando le dinamiche di colonizzazione e adattamento delle componenti animali. Studio della connettività ecologica per identificare lo/gli scenari migliori in termini di trade-off tra costi di intervento e guadagno di connettività e resilienza della rete ecologica urbana.
- Studio della biodiversità animale e vegetale e delle esigenze ecologiche in contesto urbano, con particolare riguardo a insetti impollinatori; frugivori e dispersori di semi; mammiferi, rettili e uccelli (anche per la rimozione di pests o vettori di parassiti di interesse fitosanitario, veterinario e sanitario).

SOLUZIONI

- Banca dati relativa a descrittori socio-economici, caratteri ambientali e paesaggistici, diversità e stato di specie, habitat ed ecosistemi, strumenti di pianificazione sostenibile nelle 83 Functional Urban Areas (FUA) italiane.
- Banca dati relativa a checklist di specie animali e vegetali in diversi contesti di urbanizzazione e frammentazione del territorio.
- Definizione di tipologie e sottotipologie di ecosistema urbano a livello nazionale sulla base di indicatori di pressione, stato, impatto e risposte.
- Definizione delle caratteristiche floristico-strutturali della componente vegetale delle aree verdi e dei boschi urbani (ed es., composizione floristica, altezza e grado di copertura dello strato arboreo, arbustivo, ed erbaceo) al fine di garantire elevati livelli di biodiversità (vegetale, animale ecc) e una corretta funzionalità ecosistemica.
- Messa a punto di strategie volte a implementare le funzioni ecosistemiche dei suoli urbani e la loro fertilità anche mediante specifici inoculi batterici e funghi.
- Messa a punto di strategie volte a implementare i servizi ecosistemici di regolazione e supporto mediati da gruppi animali e vegetali funzionali in ambiente urbano (es. impollinazione, dispersione di semi e pest removal).
- Definizione di procedure di gestione delle aree verdi urbane (parchi, giardini, viali alberati, boschi e lembi di habitat a elevata naturalità) finalizzate ad offrire risorse ecologiche indispensabili per sostenere la biodiversità (componente animale), ed esempio: ricreare/restaurare patches boschive di latifoglie (querceti, boschi mesofili, boschi igrofilii); ricreare/restaurare uno strato arbustivo sviluppato e caratterizzato dalla presenza di specie autoctone, tra le quali deve essere assicurata anche la presenza di rovo (*Rubus* sp.) e nocciolo (*Corylus avellana*); mantenere porzioni di superficie verde caratterizzate da uno strato erbaceo sviluppato e di altezza elevata; evitare di rimuovere alberi e/o rami morti a terra, tutelare la presenza di alberi monumentali, ecc.
- Elaborazione di linee guida per la pianificazione del verde urbano e della biodiversità di supporto a tecnici, professionisti e amministrazioni locali.

6. PROMUOVERE E SOSTENERE L'UTILIZZO DI NBS SUL TERRITORIO NAZIONALE PER RISPONDERE ALLE SFIDE DELLA SOCIETÀ

LE RICERCHE

Le attività di NBFC relative alle NbS riguardano diversi ambienti e sono attive le seguenti linee di ricerca:

- Studio e valutazione dell'efficacia, in ambiente marino, di NbS sia al fine di risanare ambienti impattati, per recuperare aree disturbate da specifici impatti antropici o per naturalizzare ambienti fortemente antropizzati (come ad esempio strutture artificiali, moli, frangiflutti, piattaforme; Type III solutions) sia al fine di supportare un recupero di ecosistemi parzialmente danneggiati, nell'ottica di un completo recupero della naturalità e delle funzioni ecosistemiche supportate (Type I solutions).
- Studio e valutazione dell'impatto di NbS utilizzate nel recupero di aree danneggiate extra-urbane in siti sperimentali rappresentativi di criticità del territorio nazionale, sia in relazione all'impatto antropico (come siti post-agricoli della Pianura Padana o i siti di produzione di energia elettrica) che ai

cambiamenti climatici. In tali siti, individuati come Open-Air-Labs, i partner di NBFC hanno messo in atto strategie di valutazione dell'impatto in maniera sinergica, per dare una descrizione la più ampia possibile dei benefici prodotti, anche in funzione della strategia utilizzata.

- In contesto urbano sono state studiate NbS in grado di adattarsi ai diversi ambienti e di rispondere alle esigenze strutturali e urbanistiche delle città. Sono stati eseguiti studi dedicati sia alle caratteristiche fisiche delle aree, sia testate soluzioni differenziali, per esempio legate alla forestazione urbana. Un ulteriore elemento oggetto di indagine riguarda la gestione coordinata e partecipata degli interventi.
- Studio del rapporto tra NbS e benessere dell'uomo a partire dalla capacità di mitigare ed abbattere le emissioni (esposoma) sino agli elementi di valore come l'aumento di accessibilità agli spazi verdi e benessere psicofisico.

SOLUZIONI

Per promuovere e sostenere l'utilizzo di NbS sul territorio nazionale, il NBFC ha progettato e realizzato un prodotto (catalogo) / servizio (tool) IT denominato "Cata-Tool delle NbS nel contesto Mediterraneo". Tale strumento interattivo e digitale sarà accessibile dal Biodiversity Gateway e sarà interoperabile con la Biodiversity and Ecosystem Function (BEF) Platform di NBFC. Il servizio fornirà supporto agli stakeholder nell'individuare le migliori NbS in base al tipo di intervento (conservazione, restauro, creazione), al contesto specifico e alle sfide sociali da risolvere. Il Cata-Tool consta di due 'cuori' interconnessi: l' 'NbS Database-Soluzioni' (tool) e l' 'NbS Database-Casi Studio' (catalogo).

Il primo, grazie a una struttura a diversi livelli di complessità, permetterà all'utente di fare delle scelte NbS in base (1) al semplice contesto operativo (terrestre - urbano ed extra-urbano - e marino) e di applicazione (ad es. edificio, strada, aree coltivate, foreste, fondali marini); (2) agli indicatori di performance (KPI) relativi al servizio ecosistemico da massimizzare; (3) a una analisi spaziale del rischio (es. idrologico, climatico, inquinamento) e alle vulnerabilità del contesto specifico. Il secondo consentirà la visualizzazione di dati spaziali relativi ai casi studio NbS desunti sia da piattaforme europee (es. Oppla e GeoIKP) che da implementazioni inerenti alle attività del NBFC (in particolare di sSpoke 2 e di Spoke 4).

03

Fasi e strumenti dei processi di restoration ecology

3.1 Pianificare un progetto di ecological restoration

NBFC, sulla base di un'attenta analisi della letteratura scientifica e di sperimentazioni eseguite in diversi contesti ecosistemici ha definito un modello operativo per la realizzazione di progetti di restauro ecologico composto da **5 FASI**:

(1) Valutazione; (2) Pianificazione e design; (3) Implementazione; (4) Monitoraggio e Valutazione; (5) Gestione e manutenzione post-implementazione.

FASE 1: VALUTAZIONE

Questa fase richiede un'indagine tecnica dell'area che consente di definire le criticità e di comprendere come procedere. Questa fase prevede le seguenti azioni:

Analisi ambientali del sito di intervento. Valutazione delle caratteristiche ambientali dell'area, della risorse disponibili e dei fattori di disturbo e di degrado passati, presenti o potenzialmente ostacolanti in futuro. Un aspetto di fondamentale importanza è anche l'individuazione di co-fattori di alterazione come la frammentazione dell'area, la potenziale presenza di specie esotiche infestanti, l'impatto di attività antropiche limitrofe come la presenza di aziende o di traffico veicolare impattante.

Analisi della biodiversità. Questa indagine si propone di raccogliere adeguate conoscenze in merito alla componente biotica dell'area mediante un'iniziale consultazione di banche dati e letteratura specifica sull'area. A questa segue la fase di raccolta dei dati primari come la composizione delle specie, la struttura della comunità, le relazioni ecosistemiche mediante

indagini empiriche in loco. A seconda dell'ecosistema e del livello di complessità delle relazioni si possono anche effettuare indagini funzionali e di dipendenza trofica tra le componenti dell'ecosistema e l'analisi dei flussi/rapporti con le aree circostanti. In linea generale è sempre particolarmente utile definire una cartografia delle 'serie di vegetazione". Offre una sintesi molto utile in termini di unità ambientali, vegetazione reale e vegetazione potenziale con relativi stadi successionali.

Analisi previsionali. Questa azione è diretta a valutare gli effetti dei fattori di disturbo, primo tra tutti, il cambiamento climatico, sulle specie ed ecosistemi presenti. In questa analisi va anche stimata la capacità della comunità biologica del sito di tollerare nel tempo gli stress climatici e antropici, stimare quindi la resilienza del sistema e la sua capacità di recuperare le condizioni pre-disturbo (auto-restauro). Questo aspetto è fondamentale per individuare la fragilità della comunità nel presente per fare una proiezione futura.

FASE 2: PIANIFICAZIONE E DESIGN

Questa fase prevede interventi consequenziali:

Definizione del target ovvero dell'ecosistema naturale autoctono di riferimento coerente con le potenzialità locali e/ degli ecosistemi naturali compatibili con il contesto ambientale. Questo dipende da molti fattori a partire dalla disponibilità delle risorse naturali come l'acqua e il suolo e dalla qualità delle stesse. Vanno analizzati anche i cicli dei nutrienti ed i regimi di disturbo antropico e climatico. E' importante anche procedere alla valutazione delle esigenze degli habitat dell'area e delle specie presenti. É possibile anche sfruttare approcci predittivi per studiare le varie fasi successionali di sviluppo ecologico, indagare le relazioni trofiche tra taxa, gli scambi ecosistemici ed anche gli eventuali effetti del disturbo su queste componenti.

Progettazione operativa. Questa attività prevede la definizione della visione, l'individuazione degli obiettivi generali e specifici e i traguardi intermedi. E' importante che gli obiettivi siano misurabili per identificare lo stato di avanzamento progettuale e che siano condivisi tra tutti gli stakeholder affinché si abbia una visione comune.

Piano di intervento. Si deve realizzare un piano operativo dell'attività da realizzare. Descrivere come, dove e da chi devono essere effettuati determinati processi o trattamenti, il loro ordine e scala di priorità e gli elementi di verifica. Il piano deve presentare anche una valutazione temporale delle azioni, sinergie tra le attività ed eventuali piani di contingenza.

Qualora non vi siano conoscenze adeguate per sviluppare modelli previsionali solidi può essere utile sviluppare una serie di modelli di riferimento per molteplici traiettorie potenziali. Incorporare le dinamiche di equilibrio nei modelli di riferimento rende la pianificazione del restauro più complessa. Questo però facilita il suc-

cesso del progetto dando agli operatori e agli stakeholder una prospettiva informata e partecipata sugli esiti del progetto e, quando si rende prioritario indirizzare il restauro ad uno tra i potenziali stati stabili, aiuta gli attori coinvolti ad evitare di considerare feedback che spingerebbero il sistema in direzioni non desiderate.

FASE 3: IMPLEMENTAZIONE

La fase di implementazione è volta a proteggere il sito di intervento da eventuali danni causati dalle azioni di restauro, supportare l'attivazione di processi naturali e dinamiche ecosistemiche robuste, coinvolgere e informare stakeholder appropriati. Questa fase può essere più o meno complessa e richiedere tempi rilevanti soprattutto in quei contesti in cui l'intervento di restauro è più radicale e necessita che gli organismi prosperino

e si adattino al nuovo ambiente e all'ecosistema.

In taluni casi è possibile che le attività di implementazione debbano operare per muovere l'ecosistema verso nuove dinamiche secondo i principi della successione ecologica. L'obiettivo finale è raggiungere l'ecosistema più adatto all'ambiente oggetto di intervento.

FASE 4: MONITORAGGIO E VALUTAZIONE

Monitorare il progetto di restauro nel tempo è fondamentale per determinare: i) la misura in cui le attività di restauro sono state implementate come pianificato (monitoraggio dell'implementazione); ii) gli obiettivi e se gli scopi del progetto sono stati raggiunti (monitoraggio dell'efficacia) identificando anche il grado di recupero; e iii) gli effetti ecologici, culturali o socio economici che ne sono derivati, siano essi positivi o negativi (monitoraggio degli effetti). Se eseguiti correttamente, il monitoraggio e la valutazione consentono alla gestione in corso di essere adattiva, in modo che le azioni efficaci possano essere adottate ed estese, gli approcci inadeguati essere interrotti e se sia possibile adottare nuove strategie. I progetti di restauro ecologico adottano il principio

di osservare, registrare e monitorare i trattamenti e le risposte per determinare se un'azione è in linea con gli obiettivi prefissati o se necessita di aggiustamenti e modifiche specifiche.

I progetti devono quindi prevedere attività di monitoraggio periodico, approfondito ed efficace. È necessario comprendere se i trattamenti previsti siano adeguati, se devono essere rafforzati e/o modificati e se l'ecosistema risponde bene alle azioni svolte. Sono promosse collaborazioni tra ricercatori, esperti locali, operatori del restauro e citizen scientists, specialmente dove i trattamenti sono innovativi o applicati su larga scala e pertanto richiedono un monitoraggio oneroso.

FASE 5: GESTIONE E MANUTENZIONE POST-IMPLEMENTAZIONE

Uno dei temi più complessi riguarda il mantenimento degli interventi nel tempo e la gestione continua. L'organismo di gestione è responsabile della manutenzione continua per prevenire impatti deleteri. Sempre l'organismo gestore deve svolgere il monitoraggio post-completamento del progetto per evitare una regressione a uno stato degradato.

Per realizzare una valutazione post intervento e valutare eventuali azioni di manutenzione è importante il

confronto con un modello di riferimento appropriato. In generale i programmi di manutenzione richiedono: i) sorveglianza periodica in situ per verificare l'eventuale reiterazione delle condizioni di degrado e proteggere l'investimento nel restauro, coinvolgendo gli stakeholder; ii) l'adozione di protocolli d'azione per eventuali rafforzamenti; iii) comunicazione continua con gli stakeholder e soprattutto con le nuove generazioni per garantire che il progetto di restauro e gli investimenti passati siano valorizzati e mantenuti nel tempo.

3.2 Schede di *ecological restoration planning* di NBFC

In base alle diverse normative, ai progetti nazionali e internazionali di restoration ecology che sono stati eseguiti, e sfruttando sperimentazioni dirette da

NBFC, è stata redatta una scheda operativa per supportare progettualità di restoration ecology.

FASE 1: VALUTAZIONE

COMPONENTI	INFORMAZIONI
1.1. Coinvolgimento degli <i>stakeholder</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mappatura degli stakeholder • Coinvolgimento rappresentanti degli stakeholder
1.2 Valutazione fisica e biologica dell'area	<ul style="list-style-type: none"> • Rilevazione delle caratteristiche fisiche (es. topografia, idrologia) e biotiche (specie presenti, status, vegetazione reale, vegetazione potenziale, ecc) • Stima dello stato di degrado e i suoi effetti sulla biodiversità • Identificazione delle cause del degrado e elaborazione di strategie per ridurle o eliminarle
1.3 Condizioni locali	<ul style="list-style-type: none"> • Analisi dell'uso attuale del sito (suolo, mare) e delle relazioni con il contesto più ampio di intervento (connettività con aree limitrofe, rischio di frammentazione) • Definizione delle parti interessate e dei titolari dei diritti dell'area • Analisi delle condizioni socioeconomiche dell'area e valutazione del contesti politici e delle influenze culturali e storiche
1.4 Inventario di base	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario dettagliato sulla base di indicatori specifici legati alla struttura e alle funzioni ecosistemiche. Es: analisi della composizione biotica, della relazioni tra i taxa, crescita. • Questi dati oltre ad aiutare a sviluppare gli obiettivi dell'intervento rappresentano le variabili di riferimento per misurare il cambiamento in seguito all'implementazione
1.5 Modello di riferimento	<ul style="list-style-type: none"> • Definizione del modello di riferimento. Stimare la condizione in cui si troverebbe l'area oggetto di intervento se non si fosse verificato il degrado • Valutazione tecnica della possibilità di raggiungere l'ecosistema nativo • Individuazione di ecosistemi alternativi/affini al nativo, anche in base ad analisi di siti che sono simili dal punto di vista ambientale al sito del progetto.

FASE 2: PIANIFICAZIONE E DESIGN

COMPONENTI	INFORMAZIONI
2.1. Partecipazione degli <i>stakeholder</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Condivisione con gli stakeholder delle informazioni della fase 1 • Co-design di progetto
2.2 Visione e obiettivi	<ul style="list-style-type: none"> • Dichiarare la visione condivisa del progetto • Individuare gli obiettivi specifici. Questi devono essere frutto di una negoziazione equa e trasparente tra stakeholder
2.3 Accordo formale su area	<ul style="list-style-type: none"> • Stipula di accordo tra operatori e proprietari terrieri delle risorse (terrieri, coste, mare) in cui vengano condivisi tutti gli aspetti progettuali e chiarite forme di responsabilità
2.4 <i>Governance</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Definizione del modello di governance del progetto
2.5 <i>Capacity</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Definizione delle necessità tecniche per la realizzazione del progetto ed eventuale arruolamento di personale o di servizi specifici
2.6 <i>Restoration plan</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Definizione delle attività da eseguire • Prioritizzazione delle azioni in modo partecipato al fine di avere un consenso condiviso dalla comunità • Indicare tempistiche • Indicare momenti di monitoraggio e verifica
2.7 Finanziamento	<ul style="list-style-type: none"> • Definizione dei costi • Individuazione delle fonti di finanziamento
2.8 Analisi del rischio	<ul style="list-style-type: none"> • Individuare eventuali rischi e proporre piani di contingenza
2.9 Informazioni e gestione	<ul style="list-style-type: none"> • Definire i modelli di gestione delle informazioni e la tenuta di eventuali registri e report affinché si possa analizzare l'attività di restauro in corso e valutare eventuali sistemi di gestione adattiva

FASE 3: IMPLEMENTAZIONE

COMPONENTI	INFORMAZIONI
Ingaggio degli <i>stakeholder</i>	<ul style="list-style-type: none">• Individuare il team che coordinerà la fase di implementazione (sarebbe bene includere rappresentanti di diversi stakeholder)• Suddividere i compiti e i processi decisionali
Personale, materiali e strumenti	<ul style="list-style-type: none">• Test preliminari e sperimentazioni pre-intervento (es test su piante, animali, terreni, ecc)• Rimozione degli elementi di minaccia e dei rischi (se presenti) inclusa l'istruzione di elementi di riqualificazione ambientale dell'area (es. miglioramento fertilità del suolo, irrigazione).• Impianto: introduzione e/o rafforzamento di specie target. Dove possibile considerare successioni naturali e processi di auto recupero
Ridurre impatti negativi	<ul style="list-style-type: none">• Valutare e mitigare eventuali impatti sociali negativi e individuare pratiche di gestione sostenibile per suolo, terra, acqua e vegetazione
Rendiconto e comunicazione	<ul style="list-style-type: none">• Documentare in dettaglio le posizioni, i tipi, le intensità, le frequenze e i costi di tutte le attività di restauro• Definire strategie di comunicazione per aumentare la consapevolezza, mobilitare e mantenere il sostegno del pubblico e del governo

FASE 4: MONITORAGGIO E VALUTAZIONE

COMPONENTI	INFORMAZIONI
Piano di monitoraggio e valutazione	<ul style="list-style-type: none">• Identificare obiettivi e scopi di monitoraggio e gli elementi specifici di valutazione- Selezionare indicatori per rispondere agli obiettivi di monitoraggio• Definire protocolli per la raccolta dei dati in modo che i processi siano ripetibili e standardizzati• Definire procedure di analisi dei dati e interpretazione dei risultati

Tempistiche e procedure	<ul style="list-style-type: none"> Definire le tempistiche per valutare l'efficacia del programma di monitoraggio. Lo sviluppo del piano di monitoraggio dovrebbe iniziare durante la fase di pianificazione e progettazione del progetto di restauro, prima che i lavori sul sito del progetto siano iniziati. Ciò è fondamentale per identificare precisamente le risorse necessarie e programmare le attività di monitoraggio direttamente nel piano del progetto di restauro
Implementazione	<ul style="list-style-type: none"> È previsto un sistema per valutare l'evoluzione dell'area al fine di allineare l'intervento con gli obiettivi ecologici, culturali e socioeconomici? È prevista una raccolta di dati di base (o di pre-trattamento) per poi poter eseguire valutazioni comparative post intervento?
Governance e informazioni	<ul style="list-style-type: none"> È previsto un piano di valutazione della governance del progetto? È previsto un piano di condivisione delle informazioni?

FASE 5: GESTIONE E MANUTENZIONE POST-IMPLEMENTAZIONE

COMPONENTI	INFORMAZIONI
Piano di gestione	<ul style="list-style-type: none"> Predisporre un piano di manutenzione capace di agire rapidamente sul sito Sono disponibili finanziamenti per la gestione? Predisporre un piano di gestione a lungo termine del sito che preveda il coinvolgimento attivo degli stakeholder (ad esempio misure di protezione, rimozione di specie invasive, gestione dei regimi idrologici)
Elementi di piano	<ul style="list-style-type: none"> Definire i sistemi di gestione delle informazioni Definire le metodologie di monitoraggio del sito Individuare eventuali modelli di gestione adattativa

3.3 Gli interventi esemplificativi di NBFC

NBFC ha realizzato numerosi interventi di restauro ecologici in diversi contesti ambientali. Si tratta di progetti sperimentali anche dedicati a testare nuove procedure e metodologie per migliorare l'efficacia dell'intervento, ridurre tempi, costi e promuovere la replicabilità. Gli interventi hanno seguito l'Ecological restoration planning di NBFC anche al fine di verificarne l'applicabilità ai diversi ambienti e contesti.

Di seguito si riporta una lista degli interventi più rappresentativi per i quali sono disponibili schede dettagliate in allegato.



[SCHEDE DI DETTAGLIO](#)

RESTORATION DI ECOSISTEMI TERRESTRI E AREE UMIDE

SCHEDE

CARATTERISTICHE DELL'ATTIVITÀ

Scheda 1 – Terra – Montemagno - La Verruca

Si tratta di un'area soggetta a incendi ripetuti e ad alta intensità. Al fine della riqualificazione, sono state condotte analisi di vegetazione per l'individuazione delle specie più resilienti e adatte al restauro del sito e una caratterizzazione fisico-chimica e funzionale del suolo per valutarne lo stato di salute.

Scheda 2 – Asta fluviale del Po

Si tratta di un'area estesa della pianura del Po dove sono stati realizzati interventi di restauro ecosistemico con piante forestali in zone di golena o in terreni ex agricoli. Al fine di definire l'evoluzione dei soprassuoli è stata avviata una campagna di monitoraggio sullo stato di salute del suolo e della vegetazione incrociando dati satellitari e a terra.

Scheda 3 – Eventi climatici estremi

Attività di restauro del bosco in siti a vegetazione potenziale caratterizzata da bosco misto autoctono. Sono state individuate tre località presso l'Altopiano di Asiago che hanno subito differenti livelli di magnitudo ed intensità della tempesta VAIA: area del forte interrotte, area del Bosco degli 800 anni, piana di Marcesina. In queste aree sono state reintrodotti alberi e arbusti con diversi approcci.

Scheda 4 – Siti Fotovoltaici a terra

Si tratta di un'azione in un contesto peri-urbano, su un terreno incolto di natura agricola. L'intervento prevede la costruzione di un impianto fotovoltaico di 70 ettari, compatibile con la biodiversità, situato nel territorio del comune di Montalto di Castro (VT).

<p>Scheda 4 – Restauro di aree umide Aree. Progetto bando a cascata</p>	<p>Intervento di rafforzamento e restauro di aree umide ispirati ai modelli di ambienti umidi naturali e seminaturali. L'attività prevede il consolidamento dei versanti, il rafforzamento delle specie vegetali ed il supporto alla fauna delle Aree Protette Hargin RN dei Pian di Spagna e Lago di Mezzola</p>
<p>Scheda 5 – Restauro di aree umide per rafforzamento specie di interesse ornitiche</p>	<p>L'azione di restauro che si sta realizzando è il posizionamento di isole galleggianti con l'obiettivo di incrementare l'habitat per alcune specie ornitiche target e valutare l'effettiva replicabilità sul medio termine.</p>
<p>Scheda 6 – Restauro e rafforzamento di prati magri</p>	<p>L'azione ad opera della Riserva Naturale Torbiere del Sebino prevede il rafforzamento dell'habitat 6510 – praterie magre da fieno a bassa altitudine mediante azioni di rafforzamento e reinserimento di specie.</p>

RESTORATION DI ECOSISTEMI MARINI

SCHEDA	CARATTERISTICHE DELL'ATTIVITÀ
<p>Scheda 1 – Area marina protetta delle cinque terre</p>	<p>Si tratta di un sito nell'Area Marina Protetta del Parco Nazionale delle Cinque Terre in cui è stata reintrodotta <i>Ericaria amentacea</i> per promuovere la connettività dei popolamenti presenti lungo la costa ligure, ripristinare l'Habitat 1170 e di conseguenza contribuire al raggiungimento del Buono Stato Ecologico nei siti Natura 2000.</p>
<p>Scheda 2 – Praterie di Posidonia nella Baia di Bagnoli</p>	<p>Lo studio pilota per il restauro di praterie di Posidonia oceanica nella Baia di Bagnoli, zona che ricade nell'area dei Campi Flegrei del comune di Napoli, in un contesto socio-economico fortemente compromesso dopo la dismissione delle attività industriali.</p>
<p>Scheda 3 – Laguna di nora</p>	<p>Il progetto ha previsto il reinserimento dell'ostrica piatta nella laguna di Nora che è stata fortemente oggetto di degrado e anche predazione anche a causa di specie infestanti come il granchio blu.</p>

RESTORATION DI ECOSISTEMI URBANI

SCHEDA

CARATTERISTICHE DELL'ATTIVITÀ

Scheda 1 – Riforestazione Urbana

Realizzazione di impianti boschivi con trattamenti sperimentali in 4 città italiane metropolitane (Milano, Roma, Firenze-Pistoia, e Campobasso) mediante diversi approcci di impianto e combinazioni di specie.

Scheda 2 – Interventi di rafforzamento e restauro della popolazioni di impollinatori

Realizzazione di interventi di restauro di praterie erbacee intercalate da matrice boschiva per il rafforzamento degli impollinatori. Sono stati eseguiti interventi sia in aree periurbane con particolare riferimento a siti agricoli abbandonati in provincia di Milano (Albairate, Abbiategrasso e Corbetta) sia in aree ad elevata diversità come il Parco Nord Milano e Orto Botanico di Torino. In questi ultimi casi si è trattato di incrementare la presenza di impollinatori mediante azioni di supporto alla nutrizione e al riparto degli insetti.

3.4 NBFC e le attività di restauro con Parchi e Aree Marine

Una delle finalità del NBFC è quella di portare le conoscenze scientifiche e l'innovazione alle aree protette e ai parchi diffusi nella penisola e sulle isole. A tale scopo, il centro ha promosso un bando dedicato a questi contesti per stimolare progetti di ricerca applicata condivisi volti alla conservazione, al monitoraggio e al restauro della biodiversità.

I ricercatori di NBFC e gli enti operativi delle aree marine protette e dei parchi stanno operando per raggiun-

gere gli obiettivi prefissati e generare anche buone pratiche replicabili in contesti analoghi. Si sottolinea che il bando intende promuovere innovazione e coinvolgimento di enti ed imprese anche al fine di favorire opportunità di occupazione per giovani ed esperti. Di seguito una prima lista dei progetti strettamente connessi alla attività di restauro che riguardano il presente report e che vedono coinvolti 7 aree protette terrestri, e 1 Area Marina

ENTE	PROGETTO – ACRONIMO	CARATTERISTICHE DELL'ATTIVITÀ
Area Marina Protetta delle Cinque Terre	Algaelab	Coltivazione, riproduzione e propagazione di <i>Cystoseira sp.</i> per interventi di restauro
Parco delle Madonie	CRTCG	Ripopolamento di <i>Genista demarcoi</i> , di <i>Genista madoniensis</i> , di <i>Adenostylus alpina subsp. nebrodensis</i> e <i>Sorbus aucuparia subsp. praemorsa</i> per interventi di restauro.
UM Comuni del Mugello	ValBio	Restauro di 30 ettari di habitat di prateria tramite azioni gestionali (es. decespugliamento).
RN Torbiere del sebino	BioHub Torbiere	Creazione di isole galleggianti per il ripristino di briglie di vegetazione di palude.
RN Torbiere del sebino	BioHub Torbiere	Restauro di un prato abbandonato tramite interventi mirati al ripristino dell'habitat 6510.
Piani di Spagna e lago di Mezzola	HARGIN	Recupero e miglioramento delle aree umide e dei canali di drenaggio in un canneto a <i>P.australis</i>
PN Stelvio	CrioHab	Azioni di rewetting di torbiere di alta quota
RNR Laghi Lungo e Ripasottile	MonOrniTech	Restauro di habitat forestale con le specie arboree mancanti attraverso interventi mirati di piantumazione con talee.

3.5 La centralità del coinvolgimento cittadino nel restauro ecologico

Il restauro ecologico è un processo fondamentale per il recupero e la preservazione degli ecosistemi danneggiati: il suo successo non dipende solo dall'azione di esperti e istituzioni, ma anche dalla partecipazione attiva dei cittadini. Il coinvolgimento della comunità è cruciale sia nella fase di progettazione e realizzazione degli interventi di restauro, sia nel monitoraggio continuo e nella gestione dell'area. In questo contesto, i cittadini possono assumere un ruolo di "custodi" della natura, contribuendo alla protezione e alla gestione delle aree oggetto di intervento.

Sebbene l'approccio tecnico e scientifico sia essenziale nel definire gli aspetti di dinamiche ecologiche, l'integrazione delle comunità locali nelle fasi di pianificazione, realizzazione e monitoraggio delle azioni di restauro ecologico è fondamentale per rendere l'intervento sostenibile nel tempo e integrato nell'area. I cittadini possono inoltre offrire una conoscenza diretta dei luoghi, delle specie e delle dinamiche ecologiche, che può rivelarsi preziosa per la pianificazione che deve considerare l'ecosistema potenziale e prevenire rischi e criticità.

Il coinvolgimento della popolazione locale è quindi un elemento di valore che viene visto come una forma di "cittadinanza ecologica" che promuove la responsabilizzazione e l'empowerment della comunità ed offre conoscenza e aderenza al territorio. I cittadini, diventando partecipanti attivi, possono essere visti non solo come destinatari di politiche ambientali, ma come co-creatori e co-gestori di soluzioni per la tutela e il ripristino dell'ambiente.

NBFC ha definito diverse procedure e strategie di coinvolgimento attivo dei cittadini che si realizza in diversi modi:

Volontariato ambientale: Molte iniziative di restauro ecologico prevedono l'impiego di gruppi di cittadini volontari, che possono partecipare a operazioni di piantumazione, pulizia e cura delle aree naturali. Tali attività non solo supportano il lavoro degli esperti, ma aumentano anche la consapevolezza ecologica della comunità. Le attività di forestazione urbana effettuate dal centro hanno coinvolto volontari locali per gli interventi sulle diverse aree;

- **Educazione e sensibilizzazione:** I cittadini, specialmente quelli che vivono in prossimità di aree da restaurare, sono portatori di tradizioni culturali

e conoscenze locali che possono contribuire a un approccio più sensibile e mirato al contesto ecologico. Ad esempio, in alcune zone, le pratiche gestionali dei boschi, le tecniche di gestione dei suoli sono un elemento chiave per il restauro degli ecosistemi danneggiati e per la gestione dell'area;

- **Raccolta di fondi e risorse:** In molti casi, la realizzazione di progetti di restauro richiede risorse economiche. I cittadini, attraverso iniziative locali, possono contribuire alla raccolta di fondi, o attraverso il crowdfunding, per sostenere la realizzazione di interventi di restauro.
- **Collaborazione con le istituzioni e le ONG:** Le amministrazioni locali e le organizzazioni non governative che lavorano sul campo spesso promuovono il coinvolgimento dei cittadini nella gestione delle risorse naturali. La collaborazione tra le autorità e le comunità locali aiuta a ottenere un approccio più inclusivo e sostenibile agli interventi di restauro.

Una volta completati gli interventi di restauro, il monitoraggio continuo è essenziale per verificarne l'efficacia nel tempo. Gli ecosistemi sono sistemi complessi, e gli effetti degli interventi di restauro potrebbero non essere immediatamente evidenti. In questo contesto, i cittadini possono svolgere un ruolo di monitoraggio attivo e di gestione partecipata.

Citizen science (scienza partecipativa): Il monitoraggio degli ecosistemi restaurati può essere affidato, almeno in parte, ai cittadini attraverso iniziative di scienza partecipativa. Grazie a tecnologie moderne (come le app per il monitoraggio della biodiversità e la raccolta di dati ambientali) i cittadini possono raccogliere informazioni utili sullo stato delle specie, la qualità dell'acqua e del suolo, e altri indicatori ecologici. Questo non solo aiuta i ricercatori e le autorità a monitorare lo stato dell'ecosistema, ma offre anche ai cittadini un senso di responsabilità e coinvolgimento.

- **Rete di osservatori locali:** In molte aree, i gruppi di cittadini possono fungere da "osservatori locali", che monitorano costantemente le condizioni dell'ambiente, segnalando cambiamenti o anomalie. Ad esempio, in alcune zone rurali o montane, le comunità locali hanno tradizionalmente monitorato la flora e la fauna e possono contribuire in modo significativo all'osservazione di specie rare o invasive.

- Gestione condivisa delle risorse naturali: Il restauro ecologico implica anche la gestione a lungo termine delle aree restaurate. In questo contesto, le comunità locali possono essere coinvolte nel processo di gestione quotidiana e nella pianificazione delle attività di monitoraggio. Questo può includere la gestione delle risorse idriche, la cura delle aree protette, la protezione delle specie minacciate e l'elaborazione di strategie di adattamento ai cambiamenti climatici.

In base alle esperienze maturate da NBFC è sempre più evidente che il coinvolgimento attivo dei cittadini nel restauro ecologico porta numerosi benefici, sia per la biodiversità, sia per la comunità stessa. I cittadini che partecipano ai processi di restauro sviluppano una maggiore comprensione degli ecosistemi e delle problematiche ambientali, acquisendo competenze scientifiche e tecniche. Questo incrementa la capacità di valorizzare la biodiversità anche grazie ad una maggiore consapevolezza ecologica. La partecipazione attiva delle persone locali nel monitoraggio e nella gestione degli ecosistemi restaurati aumenta le probabilità che gli interventi siano sostenibili nel lungo periodo. Le comunità che si sentono responsabili della gestione delle risorse naturali tendono a preservarle meglio. Le attività di restauro ecologico possono favorire la creazione di legami sociali tra le persone e le comunità. Il lavoro collettivo per la tutela dell'ambiente rinforza il senso di comunità, la solidarietà e la cooperazione, favorendo la coesione sociale.

Infine, il restauro ecologico è fondamentale anche per migliorare la resilienza degli ecosistemi ai cambiamenti climatici. Coinvolgere i cittadini aiuta a integrare il restauro ecologico nelle politiche di adattamento e a promuovere azioni più efficaci per fronteggiare i rischi ambientali. Attraverso il loro impegno, i cittadini contribuiscono a costruire una società più ecologicamente responsabile e resiliente, in grado di affrontare le sfide ambientali del futuro.

Integrare il restauro ecologico con strategie che valorizzino il ruolo attivo della comunità non solo rafforza la tutela della biodiversità, ma genera anche benefici sociali e sanitari. La creazione di spazi verdi accessibili e il coinvolgimento della popolazione in attività ambientali favoriscono il benessere collettivo, contribuendo a migliorare la qualità della vita nelle aree urbane e rurali.

— Considerazioni conclusive

Il regolamento sul Restauro della Natura rappresenta un impegno importante, ambizioso e non deve essere considerata una richiesta inattesa. Gli obiettivi e le strategie della normativa sul restauro degli ecosistemi fanno infatti parte di un impegno più ampio dell'UE per la conservazione della biodiversità e il contrasto ai cambiamenti climatici, la *Biodiversity Strategy to 2030*. Ben più noti sono per esempio gli obiettivi legati alle conservazione che evidenziano l'importanza di creare un network europeo di aree protette per proteggere almeno il 30% della superficie terrestre e dell'ambiente marino. Tra queste, almeno il 10% dovrebbe avere forme di protezione rigorosa a partire dalle aree con maggiore biodiversità, considerando Aree Marine Protette e siti Natura 2000 già istituiti.

Il Regolamento, finalizzato al restauro e al recupero degli ecosistemi degradati, è ancora più impegnativo di quanto ipotizzato dalla Strategia europea per la Biodiversità e dalla COP 15 in quanto richiede la conoscenza dello stato di conservazione del singolo ecosistema e quindi la pianificazione di azioni e di interventi finalizzati al restauro e al recupero non di generiche tipologie di ecosistemi, ma di quella singole porzione di mare e di terra ben individuate con analisi e campionamenti di dettaglio. Prevede quindi una conoscenza puntuale di estremo dettaglio a cui si dovrà rispondere con interventi calati puntualmente sulle singole realtà locali. In tale contesto NBFC è particolarmente attivo con circa 2000 ricercatori e ricercatrici che operano sul territorio nazionale.

In mare, l'obiettivo della Direttiva Quadro sulla Strategia per l'Ambiente Marino (*Marine Strategy Framework Directive*), di fatto un pilastro ambientale della politica marittima Integrata dell'UE, sarà quello di raggiungere il Buono Stato Ambientale in tutte le acque dei paesi membri, non solo nelle Aree Marine Protette. Lo stesso vale nel rapporto tra Aree Protette e il territorio nazionale nel suo complesso.

Queste attività richiedono conoscenze, competenze e tecnologie che NBFC ha strutturato e testato in ambiente rilevante per poterle rendere fruibili al territorio. In questo contesto le NbS costituiscono uno strumento trasversale indispensabile per raggiungere gli obiettivi del Regolamento in un'ottica 'win-win' tra la salute degli ecosistemi e il benessere umano, non tralasciando altri indicatori come la sostenibilità economica, l'equità e l'inclusione nel governo del territorio.

In questo report, abbiamo voluto evidenziare non solo come, grazie alla ricerca scientifica, sia possibile definire un flusso comune ai progetti di restauro degli ecosistemi, ma anche come siano disponibili approcci di monitoraggio e valutazione volti a valutare l'efficacia degli interventi e individuare eventuali azioni correttive.

Il tema della pianificazione del restauro ambientale nella pianificazione territoriale è ancora in una fase molto esplorativa, ma è fondamentale poter attivare programmi pilota per testare tecnologie, procedure e processi di monitoraggio, conservazione e restauro della biodiversità. In questo senso è quanto mai opportuno riprendere le conclusioni della COP 15 finalizzate a richiedere che la biodiversità sia elemento portante di tutte le diverse tipologie di pianificazione.

NBFC nasce con l'obiettivo chiaro di aggregare gruppi di ricerca scientifica di diversi enti per rispondere alla domanda di conoscenza e innovazione sulla biodiversità e portare al territorio e alle imprese innovazioni di prodotto e di processo. In questo contesto NBFC si propone come partner strategico per fornire supporto scientifico alle azioni di restauro della natura e alla conservazione della biodiversità. Vogliamo sottolineare come gli interventi di restauro degli ecosistemi possano essere sinergici alle attività di conservazione che seguono rigorosi piani nazionali, regionali e locali. In tale contesto si ricorda la Pianificazione Sistemati-

ca della Conservazione (SCP - Systematic Conservation Planning) che prevede l'adozione di un framework caratterizzato da step successivi per identificare aree di conservazione e sviluppare politiche di gestione, con feedback, revisione e reiterazione, se necessario, in qualsiasi fase. L'obiettivo è allocare gli usi antropici e identificare reti di Aree Protette al minimo costo.

Va precisato che mentre i criteri per il raggiungimento degli obiettivi di conservazione sono stati ampiamente discussi, la definizione di obiettivi per il restauro della biodiversità necessita ancora di un quadro di riferimento che guidi il processo di prioritizzazione delle aree. Questo è urgente poiché, come parte della Strategia UE per la Biodiversità 2030, sono stati recentemente proposti obiettivi specifici e vincolanti di restauro/conservazione. In questo contesto, la SCP può essere cruciale per pianificare interventi sinergici lungo il continuum dalla protezione passiva alle pratiche di restauro attivo, al fine di raggiungere sia gli obiettivi di conservazione che di restauro delle politiche di sviluppo e ambientali attuali.

L'incremento della biodiversità nelle aree urbane non solo migliora la qualità degli ecosistemi locali, ma ha anche un impatto diretto sulla salute e il benessere umano. Studi recenti dimostrano che ambienti ricchi di biodiversità possono contribuire a ridurre stress, migliorare la qualità dell'aria e mitigare fenomeni legati all'isola di calore urbana. In particolare, interventi come la riforestazione urbana e la creazione di corridoi ecologici offrono spazi di rigenerazione psicologica, incoraggiando stili di vita più attivi e salutari. Questo progetto si colloca quindi non solo nel contesto ecologico, ma anche in quello della promozione della salute pubblica, dimostrando come la biodiversità possa essere un alleato fondamentale per il benessere delle comunità urbane.

Bibliografia

REFERENCES

- Regulation on Nature Restoration – full text
- EP legislative observatory, Procedure file on Nature restoration, 2022/0195(COD)
- Provisional agreement resulting from interinstitutional negotiations on the proposed nature restoration regulation, with annexes
- European Commission, Proposal for a regulation on nature restoration, COM(2022) 304
- European Commission, Commission work programme 2021. A Union of vitality in a world of fragility, COM(2020) 690 final, with Annexes
- European Commission, EU Biodiversity Strategy for 2030. Bringing nature back into our lives, COM(2020) 380
- European Parliament, Amendments adopted on the proposal for a regulation on nature restoration, 12 July 2023
- European Parliament, Resolution of 9 June 2021 on the EU Biodiversity Strategy for 2030: Bringing nature back into our lives, 2020/2273(INI)
- Council, Proposal for a regulation on nature restoration – General approach, ST 10867/23
- European Economic and Social Committee, Opinion, Nature restoration targets under EU biodiversity strategy, NAT/841
- European Committee of the Regions, Opinion, EU Nature Restoration Law, CDR 4206/2022
- Bastien-Olvera, B.A., Conte, M.N., Dong, X. et al. Unequal climate impacts on global values of natural capital. *Nature* 625, 722–727 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06769-z>

APPROFONDIMENTI

- European Parliament, EPRS, EU nature restoration regulation. Setting binding targets for healthy ecosystems, Briefing, February 2024
- European Parliament, EPRS, Regulation on nature restoration, Initial appraisal of the Commission impact assessment, December 2022

Allegato 1

I principi della restoration ecology nella progettazione degli interventi

NBFC ha fatto propri i principi base della ecological restoration proposti dalla Society for Ecological Restoration (SER). Di seguito vengono descritti e commentati gli **8 PRINCIPI CHIAVE**:

Gli 8 principi della ecological restoration



1 coinvolge gli **stakeholders**



5 è valutato rispetto a **obiettivi e traguardi chiari** utilizzando **indicatori misurabili**



2 attinge a **molti tipi di conoscenza**



6 cerca il **più alto livello di recupero possibile**



3 è informata dagli **ecosistemi di riferimento autoctoni**, pur considerando i cambiamenti ambientali



7 acquista **valore cumulativo** quando viene applicato su **larga scala**



4 supporta il **processo di recupero dell'ecosistema**



8 è parte di un continuum di **attività riparative**

PRINCIPIO 1. COINVOLGERE GLI STAKEHOLDER

I progetti di restauro ecologico devono coinvolgere gli stakeholder in quanto sono azioni con impatto sul territorio non solo a livello ecologico ma anche culturale e socio-economico. In tal senso è fondamentale riconoscere le aspettative e gli interessi della comunità, coinvolgendo i cittadini nelle azioni di progettazione, realizzazione, mantenimento e valorizzazione dei benefici ottenuti dal processo di restauro.

I vantaggi possono essere legati alle funzioni ecosistemiche o anche a vantaggi indiretti come quello di offrire opportunità di impiego. La SER propone il Five Star Rating System, detto anche modello della ruota a 5 stelle, che consente di stimare i benefici derivati dagli interventi di restauro in diversi contesti (ecologico, sociale, economico) assegnando valori da 1 a 5 stelle (Tabella 1).

ATTRIBUTO	★	★★	★★★	★★★★	★★★★★
Coinvolgimento degli stakeholder	Gli stakeholder sono identificati e informati sul progetto e le sue ragioni. Strategia di comunicazione in corso preparata	Gli stakeholder chiave sono favorevoli e coinvolti nella pianificazione del progetto.	Numero di stakeholder, supporto e coinvolgimento in aumento all'inizio della fase di implementazione.	Numero di stakeholder, supporto e coinvolgimento consolidati durante l'intera fase di implementazione.	Numero di stakeholder, supporto e coinvolgimento ottimali, con meccanismi di autogestione e accordi di successione stabiliti
Distribuzione dei benefici	Benefici garantiti alle comunità locali, assicurando opportunità eque e rafforzando le relazioni culturali tradizionali con il sito.	Benefici garantiti alle comunità locali, mantenendo opportunità eque. Elementi culturali tradizionali integrati, se appropriati, nella pianificazione del progetto.	Benefici per le popolazioni locali a un livello intermedio, mantenendo opportunità eque. Ogni elemento culturale tradizionale assicurato all'interno dell'implementazione del progetto.	Benefici per le popolazioni locali a un livello elevato, con opportunità molto eque. Integrazione sostanziale degli elementi culturali tradizionali, aumentando le prospettive di riconciliazione.	Benefici per le popolazioni locali molto elevati, con un'integrazione ottimale di elementi culturali tradizionali, contribuendo significativamente alla giustizia sociale.
Arricchimento delle conoscenze	Fonti pertinenti di conoscenze esistenti identificate e meccanismi per generare nuove conoscenze selezionate.	Fonti pertinenti di conoscenze esistenti (e potenziale per nuove conoscenze) che informano la pianificazione e il monitoraggio del progetto.	Fase di implementazione che utilizza tutte le conoscenze pertinenti, feedback degli stakeholder e primi risultati.	Fase di implementazione arricchita sia dalle conoscenze pertinenti sia dall'apprendimento derivato dagli errori e dall'esperienza pratica; risultati analizzati e segnalati.	Fase di implementazione arricchita dalle conoscenze e risultati diffusi ampiamente ad altri progetti simili.
Capitale naturale	Sistemi di gestione di terra e acqua per ridurre il deterioramento e ripristinare e conservare il capitale naturale stabiliti sul sito.	Sistemi di gestione di terra e acqua che portano a un basso recupero e conservazione del capitale naturale sul sito.	Sistemi di gestione di terra e acqua che portano a un recupero e conservazione intermedi del capitale naturale (inclusi miglioramenti nel bilancio del carbonio).	Sistemi di gestione di terra e acqua che portano a un alto recupero e conservazione del capitale naturale (incluso lo stato neutrale del carbonio).	Sistemi di gestione di terra e acqua che portano a un recupero molto alto del capitale naturale (incluso lo stato positivo del carbonio).

Economie sostenibili	Modelli di business e occupazione sostenibili (applicabili al progetto o a imprese ausiliarie) pianificati.	Modelli di business e occupazione sostenibili avviati	Modelli di business e occupazione sostenibili in fase di test.	Prove di modelli di business e occupazione sostenibili mostrano successo	Modelli di business e occupazione sostenibili con alti livelli di successo.
Benessere della comunità	Partecipanti principali identificati come responsabili e probabilmente beneficiari di un maggiore legame sociale e senso di appartenenza.	Tutti i/le partecipanti beneficiari di un maggiore legame sociale, senso di appartenenza e ritorno dei servizi ecosistemici.	Molti stakeholder probabilmente beneficiari di un maggiore legame sociale, senso di appartenenza e ritorno dei servizi ecosistemici inclusa la ricreazione.	La maggior parte degli stakeholder probabilmente beneficiari di un maggiore legame sociale, senso di appartenenza e ritorno dei servizi ecosistemici inclusa la ricreazione.	Identificazione pubblica del sito come luogo di benefici per il benessere grazie alla partecipazione locale e al ritorno dei servizi ecosistemici inclusa la ricreazione.

PRINCIPIO 2. SOLIDE CONOSCENZE MULTIDISCIPLINARI

La pratica del restauro ecologico richiede un alto grado di conoscenza scientifica transdisciplinare in quanto è necessario analizzare la complessità dell'intervento e prevenire eventuali criticità sfruttando anche le conoscenze ecologiche di campo e i modelli previsionali. Uno studio di fattibilità, basato su modelli di ecosistemi dinamici che rispondono a variazioni di fattori interni (ad es., cambiamenti nei tassi di crescita delle popolazioni) ed esterni (ad es., disturbi antropici, fisici, climatici) consente di individuare l'ecosistema target più appropriato per l'area oggetto di intervento. È anche possibile individuare ecosistemi intermedi da progettare e realizzare,

specialmente per aree in cui il restauro dell'ecosistema naturalmente potenziale è molto complesso o comunque richiede tempi lunghi di attività.

In base alla dimensione dei siti e alla diversità dell'area si possono individuare una serie di interventi consequenziali, anche avvalendosi dell'esperienza di tecnici locali, per agire prima sulla componente fisica e poi su quella biologica. Si sottolinea come, oltre alla conoscenza delle singole specie che compongono la comunità, è altrettanto importante definire le relazioni funzionali e le risposte biotiche e abiotiche ai trattamenti di restauro dell'area.

PRINCIPIO 3. INDIVIDUARE L'ECOSISTEMA DI RIFERIMENTO

I progetti di restauro ecologico richiedono l'identificazione dell'ecosistema di riferimento che può coincidere con l'ecosistema nativo, ovvero quello che dovrebbe trovarsi nell'area se non fosse avvenuto il degrado. Questa è la condizione ottimale, ma è fondamentale comprendere se l'area in questione consente ancora di poter ospitare l'ecosistema originario. In molti casi è necessario basarsi su ecosistemi reali che possono essere realmente raggiunti e che siano capaci di adattarsi alle condizioni attuali dell'area. Particolarmente utile risulta il riconoscimento anche cartografico della 'serie di vegetale' locale dato che evidenzia sia la tappa matura che gli stati successionali dinamicamente legati alla potenzialità attuale.

La migliore pratica è adottare i principi della sinfitosociologia che consiste nel costruire modelli empirici partendo dalle potenzialità attuali. In sintesi si tratta di integrare le esigenze dell'area, analizzando le condizioni passate e attuali dell'ambiente di intervento ed effettuando studi nelle porzioni meno disturbate del sito. Una volta definito il target, è necessario tenere conto del modello successionale evidenziato nella 'serie di vegetazione' che consente di raggiungerlo. Sono necessari anche elementi che permettano di misurare la resilienza dell'ecosistema rigenerato.

ALBERO DECISIONALE PER GLI ECOSISTEMI DI RIFERIMENTO



PRINCIPIO 4. SUPPORTARE I PROCESSI DI RECUPERO DEGLI ECOSISTEMI

Le azioni di restauro ecologico sono progettate per supportare i processi di recupero dell'ecosistema a partire dalla capacità di auto-organizzazione della comunità biologica sino ad interventi più consistenti di riqualificazione ambientale dell'area. Nella fase di valutazione è necessario analizzare il potenziale di auto-rigenerazione di un ecosistema residuale dopo la rimozione delle cause del degrado e, se necessa-

rio, reintrodurre e/o rafforzare gli elementi biotici e abiotici. Successivamente, si devono definire le azioni necessarie a supportare il restauro ecosistemico partendo, per esempio, dalle specie locali residue con buona resilienza. È importante prestare attenzione a effetti indesiderati; per esempio l'eventuale diffusione di specie esotiche infestanti, oppure l'alterazione degli equilibri funzionali di un ecosistema.

PRINCIPIO 5. DEFINIRE OBIETTIVI E STRATEGIE CHIARE

Negli interventi di restauro ecologico è fondamentale definire la visione generale del progetto e dettagliare gli obiettivi specifici corredati di indicatori per misurare i progressi. Gli obiettivi si basano su un'analisi critica del sito e sul modello di riferimento a cui si intende arrivare. Si deve stimare il tempo di recupero e individuare le strategie idonee per raggiungere le diverse

fasi intermedie. Si devono inoltre definire indicatori di progressione per poter misurare lo stato di avanzamento. In tal senso, è fondamentale realizzare un inventario di partenza che descrive gli elementi biotici e abiotici del sito di intervento, le sue caratteristiche strutturali e funzionali e i dettagli circa le eventuali minacce esterne.

PRINCIPIO 6. RAGGIUNGERE IL PIÙ ELEVATO LIVELLO DI RESTAURO ECOLOGICO

Un progetto di restauro ecologico si propone di raggiungere il più alto livello di organizzazione dell'ecosistema anche mediante interventi consequenziali che permettono miglioramenti continui della comunità. A questo devono essere associate azioni di monitoraggio che consentono di eseguire eventuali interventi correttivi e migliorativi.

È fondamentale misurare il livello raggiunto, non solo in termini di funzioni ecologiche, ma anche di impatti positivi sulla comunità, sulla conoscenza, sull'economia locale e sulla sostenibilità nel tempo. Per ciascuno di questi impatti è necessario disporre di adeguati sistemi di misura.

PRINCIPIO 7. INTERVENTI DI RESTAURO ECOLOGICO CUMULATIVI

Ogni singolo progetto di restauro ecologico si pone obiettivi specifici in merito a dimensioni, numero di specie e di individui, riduzione delle specie invasive e miglioramento delle funzioni dell'ecosistema. Tuttavia, molti processi ecologici funzionano a livello di paesaggio ed hanno maggiore efficacia su ampia scala come l'aumento del flusso genico, le dinamiche preda-predatore e/o parassita-parassitoide. Questo suggerisce la necessità di progettare interventi sinergici su aree contigue.

Va inoltre detto che i singoli interventi di restauro ecologico, se condotti su aree di piccole dimensioni, potrebbero soffrire dell'effetto margine e del degrado che si verifica su scale più grandi. Ad esempio, le specie con elevati requisiti minimi di habitat e che richiedono una maggiore complessità trofica potrebbero non rispondere in modo efficace in progetti realizzati su spazi di dimensioni ridotte. Al contrario, attività su più aree contigue potrebbero incrementare le funzioni ecosistemiche e la connettività ecologica grazie a corridoi dedicati.

PRINCIPIO 8. ECOLOGICAL RESTORATION: UN PROCESSO CONTINUO NEL TEMPO

I progetti di restauro ecologico devono essere considerati come piani di attività che si protraggono e potenziano nel tempo. Azioni di analisi e monitoraggio consentono ai tecnici di adottare il trattamento più appropriato ed efficace in base alle condizioni ecologiche, sociali e finanziarie. Il piano iniziale richiede una fase di riduzione degli impatti sociali (sovrasfruttamento dell'ecosistema), l'applicazione di pratiche di bonifica dell'area e azioni di riabilitazione dell'ecosistema residuo. A queste segue il vero e proprio intervento di restoration ecology che riporta

la comunità verso lo stato di ecosistema nativo o comunque ecosistema più adatto.

In generale, questa gamma di attività e interventi temporali migliorano in modo continuo le condizioni ambientali e intervengono sul degrado dell'ecosistema e sulla frammentazione del paesaggio. Man mano che si procede con gli interventi, aumentano sia la salute ecologica sia la biodiversità, nonché la qualità e la quantità dei servizi ecosistemici.

TABELLA 6

Misure di performance per le attività di restauro in vari settori dell'industria, del governo e del contesto comunitario. Nota: il "punteggio a stelle" si riferisce al Siste-

ma a Cinque Stelle descritto precedentemente. Salvo diversa indicazione, i punteggi a stelle in questa tabella sono assunti come media dei punteggi degli attributi.

SETTORE O CONTESTO	ATTIVITÀ DI RESTAURO E STANDARD DI PERFORMANCE RACCOMANDATO
Gestione delle aree protette	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ecosistemi naturali maturi coerenti con le caratteristiche ambientali locali con pieno recupero strutturale e funzionale</i>: Restauro ecologico a livello cinque stelle • <i>Ecosistemi naturali maturi con recupero parziale</i>: Restauro ecologico idealmente a livello quattro stelle, ma minimo a tre stelle • <i>Programmi o attività di recupero di specie singole</i>: Componenti molto valorizzate di programmi più ampi che dovrebbero aspirare agli standard più alti
Conservazione di aree urbane e spazi verdi	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ecosistemi naturali maturi coerenti con la potenzialità locale con evidente recupero strutturale e funzionale</i>: Restauro ecologico a livello cinque stelle ove possibile, o almeno a livello quattro stelle • <i>Ecosistemi naturali o aree adiacenti a ecosistemi naturali con potenziale di recupero parziale</i>: Restauro ecologico con il più alto livello aspirazionale praticabile ma minimo a tre stelle per gli attributi biologici • <i>Parchi e giardini convertiti</i>: Riabilitazione a minimo due stelle per le funzioni ecosistemiche o almeno un utilizzo sostenibile senza effetti negativi sugli ecosistemi nativi e, se possibile, con altri benefici ecologici
Silvicoltura	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Restauro delle foreste autoctone potenziali</i> (tappa matura della serie di vegetazione) per la conservazione della biodiversità: Restauro ecologico a livello cinque stelle • <i>Silvicoltura naturalistica</i>: Restauro ecologico a livello quattro-cinque stelle (tra cicli di taglio) • <i>Riforestazione in aree adiacenti a ecosistemi naturali</i>: Restauro ecologico con il più alto livello aspirazionale praticabile ma minimo a tre stelle • <i>Riforestazione principalmente per servizi ecosistemici</i>: Riabilitazione a livello minimo di due-tre stelle per la funzione ecosistemica o almeno un utilizzo sostenibile (tra cicli di taglio) senza effetti negativi sugli ecosistemi autoctoni potenziali, preferibilmente con benefici ecologici aggiuntivi

Pesca

- *Ecosistemi nativi con potenziale di pieno recupero*: Restauro ecologico a livello cinque stelle
- *Ecosistemi nativi con potenziale di recupero parziale*: Restauro ecologico al livello aspirazionale più alto praticabile ma minimo a tre stelle
- *Attività adiacenti a ecosistemi nativi*: Riabilitazione a livello minimo di due stelle per le funzioni ecosistemiche o almeno un utilizzo sostenibile senza effetti negativi sugli ecosistemi nativi adiacenti, preferibilmente con benefici aggiuntivi

Corridoi di utilità

- *Ecosistemi naturali locali con potenziale di pieno recupero*: Restauro ecologico a livello cinque stelle
- *Ecosistemi naturali locali o aree adiacenti con potenziale di recupero parziale*: Restauro ecologico al livello aspirazionale più alto praticabile ma minimo a tre stelle per attributi biologici
- *All'interno dei corridoi di utilità* (ecosistemi non coerenti con gli stadi successionali locali): Riabilitazione a livello minimo di due stelle per le funzioni ecosistemiche o almeno un utilizzo sostenibile senza effetti negativi sugli ecosistemi autoctoni naturali, preferibilmente con benefici aggiuntivi

Agricoltura e orticoltura di produzione

- *Ecosistemi naturali maturi con potenziale di pieno recupero*: Restauro ecologico a livello cinque stelle
- *Recupero della produttività agricola/agricoltura ecologica adiacente a ecosistemi naturali locali*: Restauro ecologico al livello aspirazionale più alto praticabile ma minimo a tre stelle
- *Ecosistemi naturali locali con potenziale di recupero parziale*: Restauro ecologico al livello aspirazionale più alto praticabile ma minimo a due-tre stelle per i principali attributi biologici
- *Recupero della capacità agricola per servizi ecosistemici*: Riabilitazione a livello minimo di due-tre stelle per le funzioni ecosistemiche o almeno un utilizzo sostenibile senza effetti negativi sugli ecosistemi nativi, preferibilmente con benefici aggiuntivi

Miniere, cave e siti di trivellazione di petrolio e gas

- Quando ecosistemi naturali coerenti con le potenzialità locali intatti o quasi intatti sono interessati (ecosistemi nativi con potenziale di pieno recupero): Restauro ecologico a livello cinque stelle
- Quando ecosistemi degradati sono interessati (ecosistemi naturali locali con potenziale di recupero parziale): Restauro ecologico al livello aspirazionale più alto praticabile, da tre a cinque stelle
- Impatti su unità paesaggistiche già convertite (riassegnate) con scarso potenziale di recupero: Riabilitazione a livello minimo di due stelle per le funzioni ecosistemiche o almeno un utilizzo sostenibile senza effetti negativi sugli ecosistemi nativi adiacenti, preferibilmente con benefici aggiuntivi



**Consiglio Nazionale
delle Ricerche**



 **edizioni**
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Piazzale A. Moro, 7
00185 Roma

www.cnr.it
Devolvi il 5x1000 al CNR
CF: 80054330586