

RETI ECOLOGICHE, GREENING E GREEN INFRASTRUCTURE
NELLA PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO E DEL PAESAGGIO

LA FORESTAZIONE PER LA CONNETTIVITÀ ECOLOGICA E LA RESILIENZA TERRITORIALE AI CAMBIAMENTI CLIMATICI





SOMMARIO

Prefazione a cura del Comitato di Redazione di RETICULA.....	3
L'albero giusto, al posto giusto e per lo scopo giusto	
<i>Editoriale di S. Borelli.....</i>	4
Il Decreto Legislativo n. 34/2018 e la Strategia Forestale nazionale	
<i>A. Stefani.....</i>	8
BOX - Il progetto FORITaly	
<i>L. Caverni, R. Romano.....</i>	20
Infrastrutture verdi contro il consumo di suolo	
<i>L. Sallustio, B. Lasserre, C. Blasi, M. Marchetti.....</i>	21
Il contributo della Convenzione delle Alpi a un sistema forestale climaticamente neutrale e resiliente	
<i>L. Cetara, P. Angelini, P. La Malva, V. Sgambato, T. Bastiani.....</i>	32
Forestazione urbana e servizi ecosistemici, il progetto Urban Forestry della Regione Piemonte	
<i>G. R. Pelassa, F. Petrella.....</i>	45
BOX - Criteri Ambientali Minimi per il servizio di gestione del verde pubblico e la fornitura di prodotti per la cura del verde	
<i>A. Pepe.....</i>	56
Da Constable allo sviluppo sostenibile: un bosco a supporto della biodiversità tra i mulini emiliani	
<i>M. Benedetti, L. Carra, R. Comolli, R. Figna, A. Pecci, O. Rossi, G. Sanesi.....</i>	58
BOX - Quando per forestare si impiegano specie con semi grossi	
<i>B. Piotto.....</i>	70



SOMMARIO

Idoneità e connettività ambientale per l'Orso bruno marsicano nei sistemi forestali: criticità, pianificazione e gestione

D. Di Santo, P. Ciucci..... 72

Servizi ecosistemici degli impianti di fitoranamento

M. Fagnano..... 84

Pianificazione urbanistica, infrastrutture verdi e PSR: l'approccio innovativo del piano urbanistico di Reggiolo (RE)

G. Trentanovi, C. Santacroce, A. Rizzi..... 94

Verso un parco agroforestale alle porte di Milano: analisi e proposte di potenziamento ecologico

G. Chiaffarelli, I. Vagge..... 104

BOX - Tutela e valorizzazione degli alberi monumentali: le Linee Guida

D. Giordano, R. Romano..... 118

Il progetto MADAMES-AX: i servizi ecosistemici forestali tra opportunità di innovazione e mercato

S. Pasetti, E. Mariano, S. Noce, M. Santini, C. Trotta, M. Folegani, A. Brunori, R. Simonelli..... 119

Sensoristica IOT, IA, big data georiferiti per l'ottimizzazione di pratiche di gestione del territorio e della forestazione

C Di Lonardo, S. Di Lonardo..... 133

Prefazione

Le foreste sono considerate dalle scienze ecologiche, da sempre e giustamente, tra i principali biomi del Pianeta e l'interesse su di esse è dovuto al loro fondamentale ruolo soprattutto per ciò che riguarda la stabilizzazione del suolo e del clima, il miglioramento della qualità dell'aria, oltre che per le filiere economiche che derivano delle loro produzioni legno *in primis*, ma non solo.

L'affinamento delle discipline scientifiche ad esse dedicate nonché la complessità del rapporto tra uomo e ambiente hanno determinato, nel tempo, una multidimensionalità sia della considerazione delle coperture forestali sia dei modi di interpretare, pianificare e progettare la loro gestione sostenibile ed innovativa.

I ruoli ambientali, sociali ed economici del patrimonio forestale si sono moltiplicati e ad essi, opportunamente studiati e implementati, è affidata gran parte delle possibilità del raggiungimento degli obiettivi di adattamento e mitigazione dei cambiamenti ambientali in atto come l'effetto serra e i suoi effetti climatici, le alterazioni del ciclo dell'acqua, il depauperamento della biodiversità, il dissesto idrogeologico, la produzione di biomasse inserite in un approccio di economia circolare. Insomma, al patrimonio forestale e alla sua gestione, oggi più di ieri, è richiesta una *performance* sempre più articolata e sempre più carica di responsabilità.

Con l'intento di favorire un confronto ed una proficua riflessione per una gestione forestale sostenibile e condivisa tra le diverse professionalità coinvolte (dal mondo della ricerca a quello delle libere professioni e alle Pubbliche amministrazioni), la presente monografia 2020 di Reticula propone alcuni contributi su esperienze di buone pratiche e di ricerca applicata che ruotano intorno alla conservazione, valorizzazione e miglioramento delle vocazioni del patrimonio forestale esistente e alla pianificazione e gestione delle coperture di vegetazione forestale in senso generale.

I vari articoli toccano diversi campi di applicazione, a volte anche apparentemente lontani dall'immaginario collettivo di questo ambito disciplinare, che possono aiutare il lettore a costruirsi un'idea di una innovativa ed etica gestione forestale che sia in linea con le prospettive delle nuove normative nazionali riguardanti il patrimonio forestale (TUFF, Strategia Nazionale Forestale) nonché le possibilità di finanziamento previste a livello europeo e nazionale.

Gli articoli presentano, quindi, esperienze e approcci differenti tra loro: dall'incremento della dotazione di verde pubblico nelle aree urbane ai fini di una maggiore resilienza di questi ambiti, a metodologie progettuali e gestionali per una migliore pianificazione delle infrastrutture verdi a supporto della connettività ecologica e per la tutela della biodiversità; da una nuova interpretazione della forestazione come strumento di riconnessione naturalistica tra città e campagna e aree protette, a studi per la comprensione dei servizi ecosistemici del patrimonio forestale e loro quantificazione economica; dalla considerazione sociale e culturale delle aree forestali, alle diverse certificazioni a garanzia di approcci sostenibili allo sfruttamento della risorsa; dall'applicazione nelle nuove tecnologie informatiche per il monitoraggio degli ecosistemi forestali, agli strumenti normativi e regolatori di settore quali elementi indispensabili per assicurare la giusta considerazione politica e la governance di un capitale naturale imprescindibile per la collettività umana e, quindi, bene comune.

In definitiva una panoramica, seppur parziale e sintetica, di ciò che rappresenta e rappresenterà sempre più nel futuro la gestione forestale con l'auspicio che un domani, svincolata da rigide classificazioni tecniche e scientifiche e da altrettante limitazioni del passato circa i confini operativi delle figure professionali ad essa dedicate, conquisti una posizione imprescindibile nelle politiche ambientali in Italia e in ogni angolo del mondo.

Il Comitato di Redazione

L'editoriale

L'ALBERO GIUSTO, AL POSTO GIUSTO E PER LO SCOPO GIUSTO

di [Simone Borelli](#)¹

Con il contributo di [Michela Conigliaro](#)¹ e [Fabio Salbitano](#)²

¹Forestry Division - Food and Agriculture Organization of the United Nations

²Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari Ambientali e Forestali - Università degli Studi di Firenze

Le foreste rappresentano un patrimonio naturale di inestimabile valore. Le foreste ricoprono il 31% delle terre emerse, ospitano l'80% della biomassa terrestre e più della metà delle specie animali e vegetali terrestri, oltre a svolgere un ruolo fondamentale nel mantenimento degli equilibri idrogeologici e nella mitigazione del cambiamento climatico, ed a fornire una serie di servizi ecosistemici indispensabili per l'uomo. La conservazione della diversità biologica per come la conosciamo, il mantenimento degli equilibri climatici locali e globali e la nostra stessa sopravvivenza dipendono quindi in grandissima parte dal modo in cui gestiamo le foreste.

In un'epoca in cui il mondo è ad un crocevia epocale e si trova ad affrontare profondissime crisi ambientali, sociali ed economiche, la conservazione, il ripristino e la gestione sostenibile di questi ecosistemi acquistano ancora più importanza come strumento per affrontare sfide locali e globali di sostenibilità. Primi fra tutti la crisi climatica, i cui effetti catastrofici sono evidenti tanto a livello ambientale quanto sociale ed economico, e la crescente perdita di biodiversità, il cui allarmante tas-

so ha portato gli esperti a parlare di una vera e propria "sesta estinzione di massa".

Il contributo delle foreste è ampiamente riconosciuto dalle principali [convenzioni](#), agende e accordi globali. La [Convenzione delle Nazioni Unite sulla diversità biologica \(CBD\)](#), la [Convenzione quadro sui cambiamenti climatici \(UNFCCC\)](#) e la [Convenzione per combattere la desertificazione \(UNCCD\)](#), e l'[Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile \(OSS 15\)](#) riconoscono esplicitamente l'importante contributo delle foreste al raggiungimento dei loro rispettivi obiettivi, invitando i Paesi firmatari a diminuire la deforestazione, a gestire le foreste in modo sostenibile, a salvaguardare i servizi ecosistemici che queste forniscono, e a ripristinare gli ecosistemi forestali nelle aree degradate. Anche l'articolo 5 dell'Accordo di Parigi sul clima riconosce il ruolo fondamentale della tutela delle foreste ed incoraggia i Paesi firmatari a ridurre le emissioni dovute alla deforestazione e al degrado forestale, ad incrementare il ruolo della conservazione e gestione sostenibile delle foreste ed a rafforzare la capacità di stoccaggio di carbonio nelle foreste dei Paesi in Via di Sviluppo, prevedendo

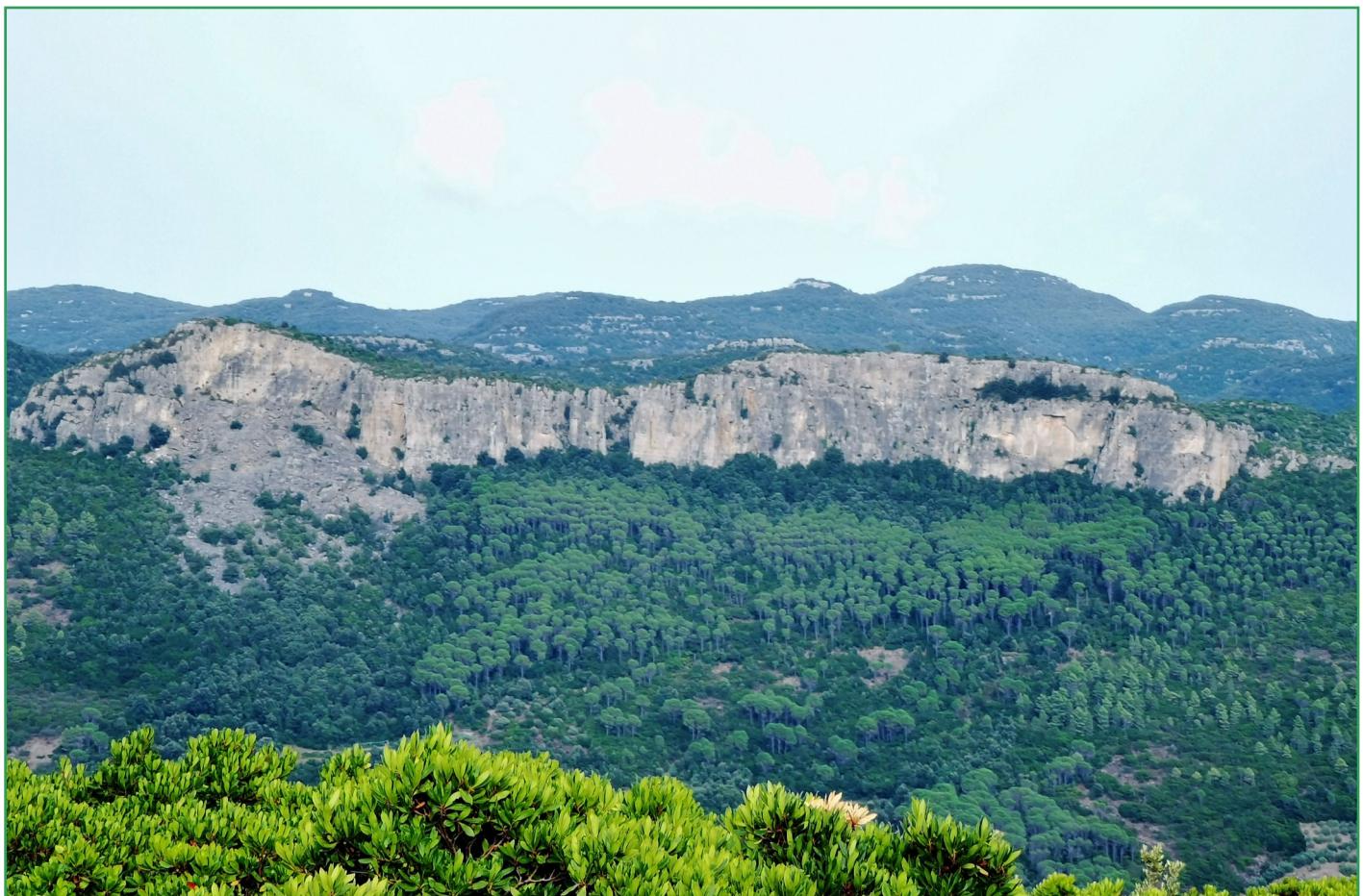


Foto di F. Salbitano

anche incentivi e benefici economici.

Nonostante questi ambiziosi impegni globali, solo nell'ultimo quinquennio (2015-2020) la deforestazione nel mondo ha interessato 10 milioni di ettari di copertura forestale. Malgrado negli ultimi decenni il tasso annuo netto di perdita sia rallentato grazie ad una riduzione della deforestazione e ad attività di rimboschimento e di espansione naturale delle foreste, la perdita di copertura forestale sta continuando a tassi allarmanti, concentrandosi in particolare in aree ad elevato valore ecologico. L'espansione dell'agricoltura, la realizzazione di infrastrutture e il sovrasfruttamento delle foreste per la produzione di legna da ardere sono tra le principali cause di questo degrado, le cui conseguenze si riflettono in un aumento della frammen-

tazione ambientale e in una marcata trasformazione del paesaggio naturale, che si impoverisce in termini di diversità e complessità biologica. Gli effetti della riduzione di superficie forestale sulla perdita di biodiversità sono infatti sia diretti che indiretti: oltre a comportare una riduzione degli habitat, la perdita di copertura forestale e la conseguente frammentazione diminuiscono la resilienza di questi ecosistemi, con ulteriori rischi per la conservazione della diversità biologica nel medio e lungo periodo.

In questo quadro complesso, il [Piano strategico delle Nazioni Unite per le Foreste 2030 \(PSNUF2030\)](#), adottato nel 2017, fornisce un quadro globale per la gestione sostenibile di tutti i tipi di foreste e gli "alberi al di fuori delle foreste". Gli

Obiettivi forestali globali che esso contiene sono volontari ed hanno lo scopo di stimolare azioni e politiche regionali e nazionali e la cooperazione tra Paesi e partner internazionali e regionali, sia pubblici che non governativi. Di particolare rilevanza è l'Obiettivo 1 cioè invertire la tendenza alla perdita globale di copertura forestale attraverso la gestione forestale sostenibile, compresi la protezione, il ripristino, l'imboschimento ed il rimboschimento, oltre ad aumentare gli sforzi per prevenire il degrado delle foreste e a contribuire allo sforzo globale contro il cambiamento climatico. Più specificamente, il traguardo 1.1. è di aumentare la superficie globale delle foreste del 3%, mentre il traguardo 1.3 prevede, entro il 2020, di promuovere la gestione sostenibile di tutti i tipi di foresta, porre freno alla deforestazione, recuperare le foreste degradate ed incrementare in modo sostanziale la forestazione a livello globale. È utile ricordare che gli obiettivi del PSNUF2030 sono stati usati come criteri guida per la Strategia Forestale Nazionale Italiana, in fase di finalizzazione.

A livello globale, i terreni forestali degradati che potrebbero essere restaurati sono circa un miliardo di ettari, un'area vastissima e dall'elevatissimo potenziale in termini di arricchimento e protezione della biodiversità, nonché di supporto alla lotta al cambiamento climatico. A livello internazionale, l'imboschimento, ovvero la creazione di foreste dove in precedenza non ce n'erano o dove le foreste sono scomparse da molto tempo (50 anni secondo l'UNFCCC) e la riforestazione, ovvero il reimpianto di alberi su terreni deforestati più di recente, sono stati inizialmente considerati più come approcci di mitigazione volti semplicemente al sequestro di carbonio. Il ripristino degli ecosistemi forestali può infatti mitigare direttamente il cambiamento climatico sequestrando il carbonio atmo-

sferico, sia nella componente epigea, in particolare i tessuti legnosi di alberi e arbusti, che nel suolo. Più di recente, si è andata consolidando la convinzione che le iniziative di forestazione possono anche sostenere l'adattamento delle foreste ai cambiamenti climatici, diminuendo le pressioni umane sugli hot spot di biodiversità (ad esempio riducendo la distruzione o il degrado degli habitat), migliorando la connettività del paesaggio e riducendo la frammentazione ambientale (facilitando così la migrazione delle specie). La gestione sostenibile dei terreni imboschiti o rimboschiti aiuta quindi l'adattamento, mantenendo le foreste in buono stato ed aumentando la resilienza a livello locale. L'integrazione degli alberi e delle foreste nelle aree ad alto tasso di antropizzazione, quali le aree agricole e quelle urbane è altrettanto importante. Oltre a ristabilire la connettività ambientale tra aree residuali, l'integrazione di sistemi alberati in questi contesti è fondamentale per garantire la fornitura di servizi ecosistemici fondamentali quali l'approvvigionamento di acqua per l'irrigazione dei campi e per il consumo umano, la mitigazione del microclima per la diversificazione delle colture e il comfort termico dei cittadini, la purificazione dell'aria da inquinanti derivanti da attività agricole e urbane, oltre alla stabilità dei suoli ed un ridotto rischio di frane e alluvioni.

Una gestione più sostenibile del patrimonio forestale ed azioni di riforestazione delle aree degradate, possono dunque contribuire in maniera sostanziale alla lotta al cambiamento climatico e al ripristino della connettività ecologica. Certo, il modo in cui viene gestito il rimboschimento ha conseguenze a lungo termine ed è spesso necessario fare dei compromessi tra la struttura e la funzione della foresta. Il numero ed i tipi di specie di alberi piantati (esotici o autoctoni, misti o specie singole)

e l'inclusione o meno di arbusti, ad esempio, sono decisioni chiave. Gli impianti di specie a rapido accrescimento possono sequestrare il carbonio più velocemente rispetto alle piantagioni di specie miste autoctone, ma spesso hanno un valore di biodiversità limitato. Il rimboschimento delle zone ripariali può portare a maggiori aumenti della biodiversità ma anche a riduzioni del flusso dei corsi d'acqua rispetto al rimboschimento nelle aree più a monte. Insomma, nessuna singola tipologia di rimboschimento può massimizzare contemporaneamente tutti i benefici ambientali, ed è quindi importante fissare in modo chiaro gli obiettivi al momento della pianificazione dell'intervento.

Tutti i caratteri appena ricordati devono ovviamente essere contestualizzati a livello nazionale e regionale. D'altra parte, tutti i documenti globali prodotti negli ultimi decenni sui temi ambientali e forestali enfatizzano il ruolo delle politiche e delle azioni delle Parti contraenti. In particolare, i contributi determinati a livello nazionale ([NDC](#)), ovvero gli sforzi di ogni paese per ridurre le emissioni nazionali e adattarsi agli impatti dei cambiamenti climatici, sono il fulcro dell'accordo di Parigi. L'accordo richiede che ciascun paese prepari, comunichi e mantenga i successivi NDC che intende raggiungere, incluso l'importante contributo del settore forestale.

I costi di riforestazione e imboschimento sono però notevoli. Sicuramente se i mercati del carbonio divenissero più efficienti, questo porterebbe ad una maggiore sostenibilità economica dei rimboschimenti, incentivando inoltre molti proprietari terrieri ad integrare gli alberi nei loro sistemi agricoli e ad investire nella "coltivazione del carbonio", con conseguente aumento della sostenibilità ambientale della produzione agricola, e un abbattimento dei rischi di mercato derivanti dalle prati-

che di monocoltura. In questi termini, il rimboschimento potrebbe fornire uno strumento importante per mitigare il cambiamento climatico a breve termine, promuovendo un'economia a basse emissioni di carbonio e migliorando le condizioni ambientali congiuntamente a lungo termine.

Un ulteriore settore di valorizzazione delle opere di forestazione riguarda l'analisi dei servizi ecosistemici che le soluzioni basate sulla natura (*nature based solutions*) possono erogare e del possibile coinvolgimento di soggetti pubblici e privati per il pagamento di servizi ecosistemici. Un tema di particolare importanza in vari ambiti nazionali ed internazionali è quello della forestazione e della gestione sostenibile volta alla conservazione della qualità e della quantità dell'acqua. Enti di tutela ed erogazione di acque pubbliche ad uso domestico così come società specializzate nella commercializzazione di acque minerali hanno intrapreso cicli virtuosi che prevedono, prima di tutto, pagamenti specifici di supporto alla forestazione e alla gestione forestale sostenibile dei bacini di captazione al fine di mantenere adeguato l'approvvigionamento ed elevata la qualità delle acque.

Concludendo, le iniziative di imboschimento e riforestazione non solo aiutano a mitigare gli effetti del cambiamento climatico, ma supportano anche la transizione verso un'economia rigenerativa che vede la natura come partner e non come ostacolo. Ovviamente, il compito è più complesso del semplice piantare alberi ovunque ci sia terreno disponibile. Il rimboschimento è solo l'inizio del processo di restauro e dovrebbe essere visto come un investimento a lungo termine: il successo dipende dalla scelta dell'albero giusto, al posto giusto e per lo scopo giusto.

IL DECRETO LEGISLATIVO N. 34 DEL 2018 E LA STRATEGIA FORESTALE NAZIONALE

[Alessandra Stefani](#)

Direttore della Direzione generale dell'economia montana e delle foreste - MIPAAF

Abstract: Il sistema forestale italiano manca ancora di una politica nazionale, anche a causa di una governance che rimane particolarmente complessa, con competenze distribuite tra tre diversi Ministeri e le Regioni e Province autonome. Il Testo unico delle foreste e delle filiere forestali (d.lgs 34/2018), frutto di una intensa opera di concertazione e confronto con gli stakeholders, ha costruito, attraverso i decreti attuativi, un sistema volto ad assicurare che tutti i diversi, e a volte confliggenti, interessi generali pubblici siano adeguatamente rappresentati, raggiungendo un ragionevole equilibrio. Tra i decreti attuativi, la Strategia nazionale forestale delinea la visione e gli obiettivi del sistema forestale italiano per i prossimi 20 anni la cui attuazione, nelle diverse realtà territoriali, sarà successivamente assicurata dalle attività programmatiche e pianificatorie regionali.

Parole chiave: politica forestale; governance; legge forestale nazionale; strategia forestale nazionale.

The new national law on forests and forestry industry and the Italian forestry Strategy

The Italian forestry system still lacks a national program. Such fragmentation is partially due to the complexity of its governance. In fact, in Italy 3 Ministries, 21 regions and the autonomous provinces are responsible of the forestry jurisdiction. The new consolidated law on forests and forestry industry, provided by Legislative decree n.34/2018, aims at providing a solution, through implementing decrees. The confrontation with the stakeholders allowed to produce a framework in which the general public interest is properly represented, reaching a balance point. The first draft of the national forestry strategy, subjected to public consultation in the 2020 spring, aims at drawing the national vision for the next 20 years. Its implementation on a local level will be ensured through regional programming and planned activities.

Key words: forestry policy; governance; national forest law; national forest strategy.

INTRODUZIONE

Il 3 aprile del 2018 è stato promulgato, come previsto dalla [Legge delega n. 154/2016](#), conosciuta come “collegato agricolo”, il [d.lgs. n. 34/2018 Testo unico delle foreste e filiere forestali](#) (TUFF), con conseguente abrogazione del testo di legge previgente, il [d.lgs. 227/2001 Orientamento e modernizzazione del settore forestale](#). L'aggiornamento normativo era da tempo atteso dal settore che invocava norme di

rilancio delle filiere e di incardinamento nel panorama giurisprudenziale, dottrinario e tecnico che dal 2001 si era rapidamente evoluto (BOX I). Nel 2012 veniva istituito, presso il Mipaaf, il [Tavolo di filiera foresta-legno](#), che raccoglie i principali portatori di interesse del settore. Il Tavolo condivise all'unanimità e da subito la necessità di costruire una nuova legge di orientamento del settore, per stimolare, in un quadro di sostenibilità ambientale, il

BOX 1 - PANORAMA STORICO DELL'EVOLUZIONE NORMATIVA IN TEMA DI FORESTE

Già dagli anni '90 a livello internazionale ed europeo si consolidava la necessità di traghettare gli obiettivi di sviluppo dei settori dell'attività umana ai criteri di sostenibilità non solo ambientale, ma anche economica, sociale e culturale. Per il settore specifico, il processo pan-europeo denominato [Forest Europe](#) aveva elaborato, nel 1992, il concetto di Gestione Forestale Sostenibile (GFS) riconosciuto e adottato da subito anche in Europa quale strumento per la tutela e la coltura delle foreste, fino ad essere cristallizzato nei [17 Obiettivi dello Sviluppo Sostenibile](#) pubblicati dall'ONU nel 2015. I criteri di GFS indicano un complesso di scelte ed operazioni culturali che vedevano nel bosco non una mera fonte di reddito proveniente dal legname da ottenere con tecniche selviculturali di selezione, di taglio e reimpianto con rinnovazione artificiale posticipata, come ampiamente messo in pratica in forma estensiva in numerosi paesi europei. Il forte impatto della Convenzione sulla diversità biologica di Rio de Janeiro (1992) ed i documenti sulla conservazione delle risorse forestali che ne sono conseguiti, consolidarono le teorie della gestione sostenibile che, da tempo, si elaboravano in materia anche in Italia, attraverso il concetto di "selvicoltura naturalistica" che, in alcuni pochi casi, era stato reso concreto con positivi effetti sulla funzionalità dei boschi e sulla loro consistenza (Aggestam et al., 2020).

A livello nazionale, dove i criteri di GFS furono recepiti con il d.lgs. 227/2001, la governance del sistema forestale era particolarmente complessa. Fin dal 1977, la valorizzazione delle foreste era stata dichiarata materia di competenza regionale a partire dalla norma quadro del [Regio Decreto n. 3267/1923](#) in materia di vincolo idrogeologico, che consentiva una certa omogeneità nell'attuazione delle [Prescrizioni di massima e norme di polizia forestale \(PMPF\) \(1926\)](#) anche quando nominate ed aggiornate come Regolamenti forestali regionali. Contemporaneamente, l'assenza di una politica forestale nazionale consentiva, ad ogni Regione, di rispondere alle proprie necessità con disposizioni normative e misure organizzative diverse. La grande varianza delle situazioni orografiche, geografiche, pedagogiche, climatiche, ecosistemiche delle foreste italiane nonché socioeconomiche, aggravata da differenti situazioni relative alle proprietà (private, pubbliche o collettive), giustificava ed anzi richiedeva soluzioni giuridiche, amministrative e tecniche calibrate per le diverse specificità. L'assenza di principi comuni, almeno nei contenuti minimi, rendeva però difficile elaborare, per la gestione forestale, orientamenti ed indirizzi unitari ed un'autentica politica nazionale. Persino la stessa definizione giuridica di bosco conteneva elementi di amplissima variabilità che solo con il d.lgs. 227/2001 hanno trovato una definizione nazionale univoca (Mori et al, 2017).

Inoltre, per la tutela dei boschi dal punto di vista paesaggistico, [la legge 431/1985](#) prevedeva una normativa speciale di tutela, poi confluita nel [d.lgs. n. 42/2004 Codice dei beni culturali e del paesaggio](#). Tutti i boschi risultavano quindi vincolati dal punto di vista paesaggistico e, in assenza di piano paesaggistico, ogni modifica dello stato dei luoghi doveva essere preventivamente assentita dagli organi periferici del Ministero dei Beni Culturali e del turismo (Mibact). La mancanza di una chiara e univoca definizione di bosco complicava però di molto l'applicazione della norma, anche in sede dell'azione penale obbligatoria in caso di trasformazioni di uso del suolo non preventivamente autorizzate. Alle differenze tra i cittadini di fronte a una norma penale, si

era quindi cercato di porre rimedio proprio con il d.lgs. n. 227/2001, introducendo una definizione nazionale di bosco (e di aree escluse da tale definizione), ma solo in sostituzione delle disposizioni regionali e fino a quando queste non fossero entrate in vigore. Nei fatti, le norme regionali raramente riprodussero la norma quadro nazionale e il panorama restò frammentato.

Parallelamente, l'Italia sottoscriveva impegni internazionali importanti in cui la materia forestale assumeva un ruolo strategico, come per esempio il Protocollo di Kyoto recepito il 16 febbraio 2005 e a cui hanno fatto seguito gli impegni delle diverse e successive Conferenze delle Parti. Analogamente, si evolgeva anche la normativa ambientale e sulle aree protette, con il recepimento italiano di importanti direttive europee ([Habitat](#) e [Uccelli](#), [Strategia Nazionale per la biodiversità](#)), e l'approvazione del Codice dell'Ambiente ([d.lgs. n. 152/2006](#)), che vedeva i boschi elemento cardine del patrimonio naturale nazionale. Il corpus normativo nazionale in materia di paesaggio e ambiente sottopone, ancora oggi, a tutela paesaggistica e naturalistica il patrimonio forestale rispettivamente fino a raggiungere il 100% e il 35% della superficie forestale nazionale (RAF, 2018). La situazione, ampiamente conflittuale anche sul tema degli organi centrali che dovevano occuparsi di tematiche d'interesse forestale (paradigmatiche le traversie che attraversò il Corpo forestale dello Stato, fino alla legge di riordino n. 34 del 2004), vide il ricorso alla Corte Costituzionale più volte, finché con la sentenza n. 105 del 2008¹ venne consolidata una statuizione di pensiero rimasta storica per il settore.

Anche le istituzioni europee chiedevano all'Italia di ricondurre a unità gli atti programmati regionali, in coerenza con le disposizioni della prima Strategia forestale europea del 1998, al fine anche di garantire l'assegnazione delle risorse previste per la Programmazione dello Sviluppo Rurale 2007-2014. Con il comma 1082, art.I della legge 296/2006 (Legge finanziaria 2007) viene dato mandato al Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali (Mipaaf) di redigere il [Programma quadro per il settore forestale nazionale \(PQSF\)](#)², con il fine di attuare gli impegni internazionali sottoscritti dal Governo italiano in materia di foreste e, al tempo stesso, di costituire un quadro di riferimento strategico, di indirizzo e di coordinamento per il settore forestale nazionale, favorendo ogni possibile sinergia tra e con le Amministrazioni competenti, per migliorare l'efficacia e l'efficienza della spesa per il settore nel medio e lungo termine ed essere uno strumento condiviso internamente oltre che rappresentare, all'estero, la realtà forestale italiana (Romano R., 2017).

¹ Si può dunque affermare che sullo stesso bene della vita, boschi e foreste, insistono due beni giuridici: un bene giuridico ambientale in riferimento alla multifunzionalità ambientale del bene bosco, ed un bene giuridico patrimoniale, in riferimento alla funzione economico produttiva del bosco stesso. (Estratto sentenza Corte Costituzionale n. 105 del 2008).

² Il PQSF ha ricevuto l'approvazione da parte della Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome di Trento e di Bolzano nella seduta del 18 dicembre 2008. Redatto nel corso del 2007 e 2008 da un gruppo di lavoro composto dalle principali amministrazioni statali competenti in materia, le rappresentanze degli Enti locali e dei principali portatori di interesse, sottolinea il ruolo delle foreste quale fattore di sviluppo ed elemento di tutela del territorio, individuando nella GFS del patrimonio forestale lo strumento principale per valorizzare le potenzialità del bosco come "risorsa" economica, socio-culturale e ambientale di tutela e di sviluppo.

rafforzamento del sistema foresta-legno nazionale. La prima bozza di legge fu presentata all'allora Viceministro con delega alle Foreste, Sen. Andrea Olivero, e costituì la base per la revisione della norma forestale n. 227/2001, prevista all'art. 5 della Legge n. 154/2016. La delega al Parlamento del collegato agricolo era molto stringente, consentendo un aggiornamento dei contenuti del testo vigente alla luce dei nuovi documenti internazionali ed europei siglati dall'Italia. Non consentiva però ampliamenti ad altri argomenti, quali la gestione e la tutela delle foreste ricadenti in aree protette, l'utilizzo energetico di biomasse legnose, la fissazione di criteri tecnici cogenti per le norme forestali regionali. La mancata comprensione dei ristretti limiti della delega fu verosimilmente uno dei problemi che scatenò vivaci polemiche nei confronti del testo di decreto, insieme alla sottovalutazione del valore delle numerose tappe del percorso di condivisione della bozza, promosso dal Mipaaf, dal novembre 2016 al settembre 2017 in tutta Italia con il Forum Nazionale delle Foreste nell'ambito delle attività della Rete Rurale Nazionale 2014-2020 (Olivero, 2018). La sintesi dei contributi, delle osservazioni e dei suggerimenti scaturiti nel processo di partecipazione è contenuta nel [Libro bianco delle foreste italiane](#).

ALCUNI TEMI TRATTATI DAL TESTO UNICO DELLE FORESTE E DELLE FILIERE FORESTALI

Il TUFF fu il frutto non solo dell'intensa opera di consultazione sintetizzata nel Libro bianco, ma soprattutto dei pareri, dei concerti e delle intese che la legge delega aveva previsto. Abrogando il precedente d.lgs. n.227/2001, il TUFF si compone di 19 articoli, alcuni dei quali composti a loro volta

di numerosi commi. I primi due articoli riguardano "principi" e "finalità" e introducono il diverso e deciso passo compiuto dal legislatore rispetto al testo previgente.

Il TUFF, riprendendo e aggiornando quanto disposto dal d.lgs. n.227/2001, che si poneva come obiettivo "*la valorizzazione della selvicoltura quale elemento fondamentale per lo sviluppo socio-economico e per la salvaguardia ambientale del territorio della Repubblica italiana, nonché alla conservazione, all'incremento ed alla razionale gestione del patrimonio forestale nazionale*", introduce un approccio innovativo per il panorama forestale nazionale che attraversa tutto il disposto normativo: il concetto di "responsabilità" dei proprietari, pubblici e privati, e della società civile, il concetto di capitale naturale e, nello specifico, del bene comune bosco. Il primo articolo si apre infatti attestando che "*la Repubblica riconosce il patrimonio forestale nazionale come parte del capitale naturale nazionale e come bene di rilevante interesse pubblico da tutelare e valorizzare per la stabilità e per il benessere delle generazioni presenti e future*" (art.1, com.1), e prosegue, dichiarando, al comma 3, che lo Stato e le Regioni, nell'ambito delle rispettive competenze, "*promuovono attraverso il fondamentale contributo della selvicoltura la gestione forestale sostenibile*" (art. 3 com. 2, let. b).

Tra le finalità elencate all'art. 2 trovano posto, anche la garanzia della salvaguardia delle foreste nella loro estensione, distribuzione geografica, diversità ecologica e bio-culturale; la protezione delle foreste dai disturbi naturali ed antropici; l'elaborazione di principi generali e linee guida di indirizzo nazionale per la tutela e la valorizzazione del patrimonio forestale e del paesaggio rurale. L'art. 3 contiene numerose definizioni volte a

ricondurre a unità la babela di termini che la normativa forestale nazionale e regionale fino a tale momento aveva presentato. Alcune delle definizioni sono poi utilizzate negli articoli successivi del TUFF, altre costituiscono una definizione utile all'interpretazione di altre norme e necessarie per altre attribuzioni univoche in sede di attuazione. La necessità di fornire unicità nazionale sulla materia, nell'interesse del bene nazionale bosco, viene inoltre rafforzata dall'introduzione dei "criteri minimi nazionali" per diverse tematiche che, negli anni, sono state normate dalle regioni in modo differente, creando contenziosi e sperequazioni territoriali. L'art. 3, com. 3 definisce cosa si debba intendere per bosco per aspetti ambientali e paesaggistici, o più in generale di competenze statali. Le Regioni e le Province autonome possono adottare tale definizione, che riprende quella del d.lgs. n. 277/2001 e che le regioni possono rendere più restrittiva, secondo il noto principio costituzionale. Se le Regioni e le Province autonome non intendono modificare le proprie definizioni, alla luce delle disposizioni dell'art. 3, queste valgono esclusivamente per l'applicazione delle disposizioni in proposito dettate delle norme di competenza esclusivamente regionale. Nell'art. 4 sono invece definiti quei popolamenti che, pur non avendo le caratteristiche per rientrare nella definizione di bosco (art. 3, comma 3), sono comunque ad esso assimilati per riconosciuti caratteri di interesse ambientale e paesaggistico, mentre l'art. 5 definisce le aree escluse dalla definizione; tra queste i parchi, le ville, i giardini, il verde urbano (Marchetti, 2020).

È del tutto evidente che le finalità dichiarate all'art.2 trovano fondamento nelle disposizioni dell'art.142 Aree tutelate per legge del d.lgs.n.

42/2004, grazie al quale tutte le aree dichiarate bosco sono gravate da vincolo paesaggistico e che quindi per la loro trasformazione in altra qualità di coltura, è necessario un preventivo esame dell'impatto paesaggistico, in difetto del quale la sanzione è sia penale sia amministrativa, con possibile obbligo di remissione in pristino. Già il d.lgs. n. 227/2001 aveva anticipato le previsioni della norma paesaggistica prevedendo una sorta di "perequazione verde", poiché obbligava i proponenti del progetto di trasformazione di uso del suolo ad integrarlo con un progetto per la creazione di un'altra area boscata o di miglioramento di un bosco esistente, secondo disposizioni (regionali) che, nel tempo, si sono rivelate molto diverse tra loro con criteri di esenzione in qualche caso vicini a vanificare il mandato ricevuto dalla norma nazionale. Il TUFF ha ripreso e aggiornato il tema, anche alla luce dell'entrata in vigore della [Direttiva 2004/35/CE](#) in materia di danno ambientale e relative norme di recepimento nazionali. Per ottenere la trasformazione in altra qualità di coltura di un'area boscata, occorre oggi sia una preventiva valutazione paesaggistica dell'intervento che l'assenza di "danno e danno ambientale", con una interpretazione più estesa della sola normativa sul danno ambientale previsto dal d.lgs. n. 152/2006. Rimane la ormai nota procedura compensativa, i cui elementi che possono portare ad una esclusione sono definiti, per le regioni, dal recente decreto ministeriale attuativo.

Con i temi affrontati e rinnovati dal TUFF, si traduce in legge una rigenerata sensibilità ed attenzione alla gestione del bosco, "quale atto di scelte responsabili e consapevoli che si contrappongono al disinteresse" (Romano, 2020), tra funzionalizzazione, sostenibilità e interessi pubblici,

in ragione della molteplicità di benefici che il bosco assicura alla salute dell'uomo e del pianeta, ed il suo valore in sé, come valore di esistenza, nonché al suo valore definito come “trasformativo” cioè “con riguardo al ruolo che boschi e foreste rivestono nel condizionare lo sviluppo del carattere dell'uomo, nell'orientare la sua esperienza, nel costruire la sua identità sia come individuo sia come collettività” (Carmignani, 2019). Nell'ambito delle attività di gestione forestale, sono promosse forme di promozione dell'associazionismo fondiario e di gestione associata che si codificano negli strumenti di pianificazione come risposta alle ben note caratteristiche di frammentazione delle

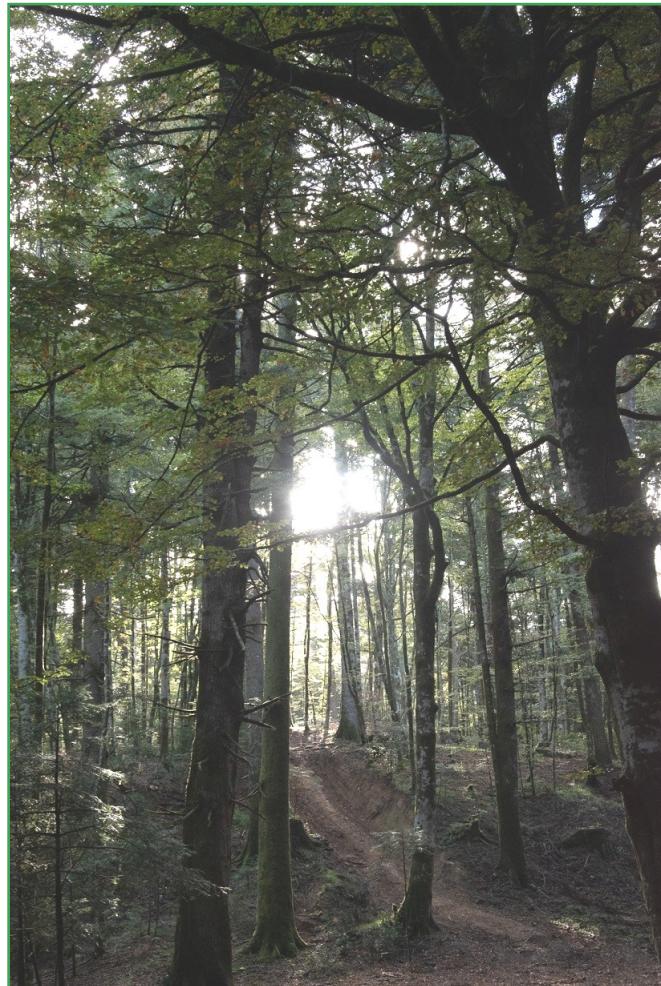


Figura 1. Bosco misto di faggio e abete del parco regionale delle Serre (VV) (foto di F. Ambrosini).

proprietà italiane e che impediscono, nei fatti, interventi che non siano semplici e periodiche utilizzazioni, se non l'abbandono culturale e il disinteresse. La disposizione è accompagnata, nel 2020, da un bando per lo sviluppo del sistema associazionistico che prevede la copertura dei costi di costituzione di forme associative o consortili fra proprietari o gestori delle superfici di proprietà pubbliche, private e collettive al fine di promuovere e sostenere la diffusione di nuove strutture di gestione forestale unitaria e su vaste aree. Il bando, previsto nell'ambito dei fondi FSC (POA agricoltura, Sottopiano 3 - "Multifunzionalità della foresta e uso sostenibile delle risorse rinnovabili nelle aree rurali"), prevede una dotazione finanziaria di 5 milioni di euro e scadenza nel febbraio 2021.

L'art. 6 del TUFF riprende in parte l'art. 3 del d.lgs. n. 227/2001 disciplinando compiutamente i concetti di programmazione e pianificazione forestale, di cui si dirà successivamente, quali strumenti necessari e atti a garantire e migliorare la resilienza dei popolamenti forestali, la loro tutela, la qualità dei prodotti legnosi e non legnosi, dei servizi ambientali, conformandosi agli impegni internazionali di mitigazione e adattamento climatico, salvaguardia ambientale e conservazione paesaggistica. L'art. 7 si occupa invece di molti temi: governance delle attività di gestione forestale e disposizioni specifiche relative a tali attività, promozione di sistemi di riconoscimento dei servizi ecosistemici, ben noti dal punto di vista scientifico e sperimentale, ma la cui traduzione in atti concreti è ferma all'emanazione dell'art. 70 del [Collegato ambientale Legge n. 221/2015](#).

All'imprenditore forestale il TUFF dedica molte parti, dandone, per prima cosa, una definizione che finora mancava e riconoscendone le

specificità. Molto spesso, infatti, l'impresa forestale non è proprietaria del bosco, ma lavora per conto del proprietario, pubblico o privato, con interventi che spaziano dalla selvicoltura ai rimboschimenti, dal miglioramento ambientale alle sistemazioni idraulico-forestali, dalla difesa fitosanitaria alla prevenzione degli incendi boschivi. Proprio per la delicatezza del compito, e i rischi anche per l'incolumità fisica cui i lavoratori forestali sono sottoposti, il TUFF prevede percorsi di formazione specialistici per gli operatori e la creazione di un albo per le imprese, rinviando i dettagli applicativi a due decreti attuativi ([DD.MM. 4470 e 4472 del 29 aprile 2020](#)). Metà del Fondo foreste del 2020, creato grazie agli artt. 663 e 664 della [Legge n. 145/2018](#), sarà dedicato all'avvio del progetto "For.Italy" volto alla formazione dei formatori con l'allestimento di cantieri scuola nelle principali regioni forestali d'Italia. Il progetto ha preso avvio lo scorso ottobre con un evento di lancio promosso nell'ambito della Rete rurale nazionale al fine di promuovere la formazione forestale, anche attraverso gli strumenti di sostegno dello sviluppo rurale per il periodo di programmazione post 2020. La qualificazione degli operatori e la pianificazione forestale sono i due tasselli fondamentali per consentire ai prodotti forestali (intesi in senso ampio) le certificazioni di origine sostenibile, che il TUFF propone e raccomanda come ulteriore strumento di garanzia di sostenibilità delle filiere forestali.

La versione originale del TUFF introduceva, inoltre, il tema dei boschi vetusti, argomento di estrema attualità e interesse scientifico. Se ne occupava unicamente come possibilità, modificando l'art. 7 della [legge 10/2013](#), e consentendo l'inserimento dei boschi vetusti tra gli alberi monumentali. La legge di conversione del

Decreto clima ([legge n. 141/2019](#)) ha modificato il TUFF, inserendo una definizione di "bosco vetusto" (art. 3, com. 2) e dando mandato al Mipaaf, di concerto con il Mattm e d'intesa con le Regioni e Province autonome, di elaborare linee guida per l'individuazione e gestione dei boschi vetusti e per la creazione della omonima rete nazionale. Si tratta, in Europa, della prima definizione di "bosco vetusto" con valore giuridico e per questo l'Italia, insieme a Belgio e Polonia, è stata scelta per coordinare il gruppo di lavoro europeo creato per la discussione del tema nel quadro della Strategia europea per la biodiversità 2030.

Infine, pare opportuno sottolineare la grande attenzione che il TUFF ha posto in materia di monitoraggio, statistiche e cartografia forestale. Con l'art. 15, alla Direzione competente del Mipaaf sono assegnati molti compiti legati all'approfondimento necessario per avere basi solide su cui ancorare le elaborazioni di politica forestale. Una prima risposta è stata, nell'aprile del 2019, la pubblicazione del primo [Rapporto sullo Stato delle foreste italiane](#).

In un recente parere nell'ambito di una complessa procedura contenziosa, il Consiglio di Stato ha riconosciuto che "*il d.lgs. n. 34 del 2018, in considerazione di questo inestricabile intreccio di valori -beni-interessi espressi dal patrimonio forestale e delle annesse e conseguenti competenze normative ed amministrative, ha avuto cura di costruire una sistema volto ad assicurare che tutti i diversi (e a volte confliggenti) interessi generali-pubblici messi in gioco dal tema della gestione del patrimonio forestale fossero adeguatamente rappresentati, acquisiti e valutati nei procedimenti attuativi, al fine di garantire, per quanto possibile, un ragionevole equilibrio tra le esigenze gestionali, anche di tipo economico-*

produttivo, e quelle di tutela ambientale e paesaggistica” (Cons. Stato, Sez I, n. 252/2020).

LA PROGRAMMAZIONE E PIANIFICAZIONE FORESTALE E LA STRATEGIA NAZIONALE FORESTALE

Fin dal Regio Decreto n. 3267/1923, la pianificazione forestale ha avuto un ruolo riconosciuto dal sistema giuridico per conservare e migliorare la risorsa forestale nazionale. Nel tempo, con le innovazioni della governance del tema forestale a favore delle Regioni e delle Province autonome, il tema della programmazione, pianificazione forestale e dei piani di assestamento è stato declinato in diversi modi, anche con termini differenti,

mantenendo un ruolo centrale nelle politiche e nelle norme regionali, ma traducendosi in atti pianificatori solo in alcune limitate realtà. Nonostante il d.lgs. n. 227/2001 ne avesse ribadito l’importanza strategica, i dati del RAF 2018 informano che ancora non tutte le regioni hanno un Programma forestale regionale di indirizzo e [l’Inventario nazionale forestale e dei serbatoi forestali di carbonio \(INFC\)](#) del 2005 evidenzia che solo il 15% dei boschi nazionali ha in atto uno strumento di pianificazione aziendale.

Il Testo unico, con l’art. 6, ha ripreso e aggiornato le disposizioni vigenti (art. 3 d.lgs. n. 227/2001) in materia di programmazione e pianificazione forestale, alla luce della maggiore consapevolezza

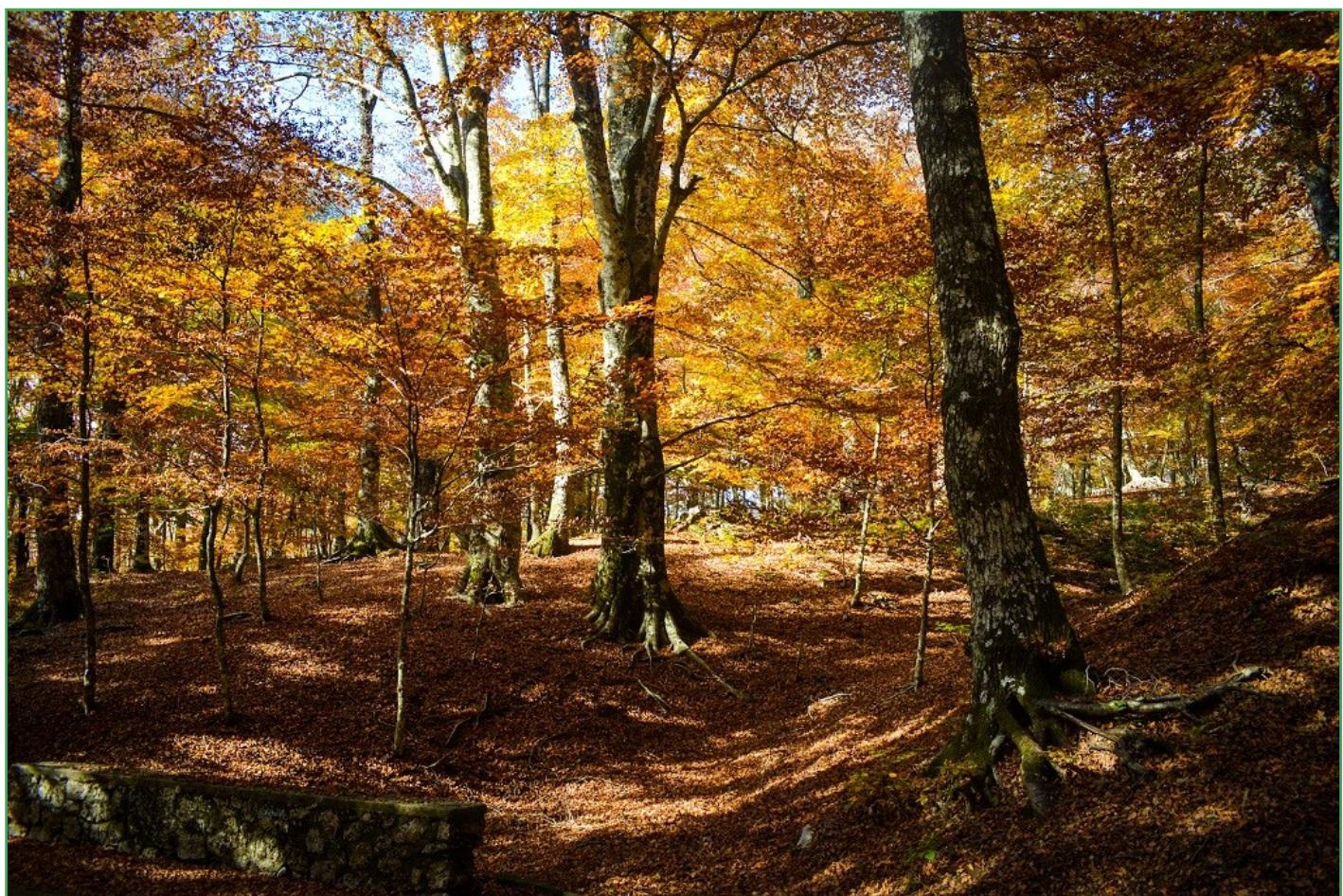


Figura 2. Faggeta nel parco regionale dei Monti Lattari (NA) (foto di A. Pepe).

elaborata dal settore, e consolidata in tutti gli articoli del testo, del quadro multilivello e multisettoriale che ne devono caratterizzare la predisposizione e l'aggiornamento. Viene delineato un sistema a piramide, al cui vertice si pone la Strategia nazionale forestale (SFN), importante innovazione per l'Italia, che con orizzonte ventennale e aggiornamenti quinquennali, definisce, in armonia con il disegno europeo, gli indirizzi strategici nazionali. Alla SFN, che sostituisce e aggiorna le linee di indirizzo nazionali introdotte nel 2008 con il PQFS, le Regioni e le Province autonome dovranno ispirarsi per redigere i propri Programmi forestali regionali, (art. 6, com. 2), che contestualizzano gli indirizzi nazionali nelle proprie realtà territoriali come già previsto dagli ex Piani forestali regionali previsti dal d.lgs. 227/2001.

Tra il “Programma forestale regionale” e il “Piano di gestione forestale o strumenti equivalenti” (art.6, com. 6), in maniera del tutto innovativa, il TUFF propone, sulla scorta di alcune positive esperienze regionali, la possibilità di predisporre strumenti di pianificazione intermedi, denominati “Piani forestali di indirizzo territoriale” (art.6, com. 3), dedicati ad aree vaste e relativamente omogenee, contenti tra l'altro indicazioni di dettaglio sulle vocazioni delle singole compagini forestali, impossibili per uno strumento di dimensione regionale qual è il “Programma forestale regionale” ed eccessivamente onerose per la pianificazione di gestione aziendale.

Gli strumenti pianificatori sono ampiamente presenti in ogni disciplina che abbia risvolti territoriali, molto spesso senza alcun coordinamento tra loro, con quel sistema definito in dottrina delle “tutele parallele”, significando che i plurimi interessi che su quel territorio si concentrano si prefiggono ciascuno di moltiplicare i regimi amministrativi e sovrappongono le

Autorità di volta in volta competenti, così come i singoli piani. Il TUFF delinea un coordinamento, sia sul fronte interno tra le diverse scale di pianificazione forestale, sia esterno con i piani dei parchi nazionali e regionali, con le misure di conservazione delle aree afferenti alla Rete Natura 2000, e con la pianificazione paesaggistica, alla cui redazione i “Piani forestali di indirizzo territoriale di area vasta” concorrono (Gallia, 2018).

Il TUFF rinvia il dettaglio di quanto previsto a due distinti Decreti attuativi: uno sulla Strategia nazionale forestale, l'altro dedicato alla definizione di criteri minimi nazionali per l'elaborazione degli strumenti di pianificazione cui si collega, come parte integrante in quanto inteso come strumento dell'attività pianificatoria, il decreto sulla viabilità forestale (Romano et al, 2019). Attualmente tutti e 3 i decreti sono in fase di approvazione. Punto che accomuna tutti questi decreti attuativi e che distingue quello sulla Strategia forestale è il percorso della loro redazione. Prendendo spunto dal profilo di concertazione multidisciplinare che ha portato alla redazione del TUFF, anche per ciascun decreto sono stati creati singoli gruppi di lavoro misti tra rappresentanti ministeriali, regionali, del mondo scientifico e degli ordini professionali. Le bozze licenziate dai gruppi di lavoro sono state sottoposte al parere e alle integrazioni del [Tavolo di concertazione Stato/Regioni in tema forestale \(D.M. n. 6792/2019\)](#) e al Tavolo di filiera foresta-legno. Solo al termine di tale percorso partecipativo il testo, fatto proprio dal Mipaaf, viene formalmente inviato ai Ministeri concertanti e alla Conferenza Stato Regioni per l'intesa.

Per il suo assoluto rilievo, il percorso redazionale della SFN si è discostato in misura significativa dall'itinerario degli altri decreti. Innanzitutto, il gruppo di lavoro incaricato è significativamente più numeroso riunendo i rappresentanti di tutti i

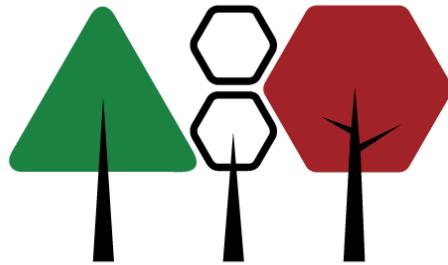
BOX 2 - PRIMA BOZZA DI STRATEGIA FORESTALE NAZIONALE (ART 6, COM. I D.LGS. N.34/ 2018)

Il gruppo di lavoro ha articolato la prima bozza di Strategia mutuando i tre obiettivi generali dai principi guida della Strategia forestale europea: individuando il patrimonio forestale come risorsa e bene comune primario per l'Italia e la sua società,

ponendosi l'ambizioso obiettivo di ricostruire una relazione identitaria tra le foreste e la società italiana; riconoscendo e promuovendo la gestione forestale sostenibile; riconoscendo il contributo attivo del settore forestale e delle sue filiere nel perseguitamento degli impegni internazionali sottoscritti dal Governo italiano (Marchetti et al., 2018).

Per ciascuno degli obiettivi, la Strategia prevede una serie di Azioni, da affidare ai programmi e alla pianificazione regionale. Tra le Azioni sono previste anche alcune Azioni specifiche, difficilmente inquadrabili nella tripartizione degli obiettivi, in quanto trasversali, quali la “gestione degli eventi estremi”, la “prevenzione e lotta agli incendi boschivi”, il tema della “pioppicoltura e dell’arboricoltura da legno”, il tema dei “boschi ripariali e planiziali”, il tema delle “liste rosse delle specie forestali”. Inoltre, la bozza di Strategia ha proposto alcune Azioni strumentali, intese come misure di accompagnamento per il complesso di obiettivi ed azioni delineati. Per ciascuna azione sono state individuate eventuali sotto-azioni, i finanziamenti e gli indicatori di risultato.

Mentre era in corso la consultazione pubblica, è stata presentata la bozza di Strategia europea per la biodiversità 2030, che contiene numerosi passaggi sul contributo delle foreste alla biodiversità europea, e che annuncia per il 2021 una nuova Strategia forestale, redatta nell’ambito dei principi delineati dal nuovo documento strategico. Molte delle oltre trecento osservazioni pervenute con la consultazione hanno preso lo spunto dalla nuova Strategia per la biodiversità ed il gruppo di lavoro le sta ora esaminando in modo di poter adeguare la bozza al documento europeo, sebbene, ad un primo sguardo, le modifiche da apportare non ne stravolgano l’impianto, che già aveva traghettato con attenzione i temi della precedente strategia della biodiversità, unitamente a quelle dedicate alla bioeconomia circolare, al clima, al verde urbano.



Strategia Forestale Nazionale

Ministeri concertanti (Mamm, Mibact, Mise). Poi, pur non essendo tenuto a compiere questo passo, il Mipaaf ha avviato, con il consenso della Ministra sen. T. Bellanova, un processo di consultazione pubblica che, iniziato il 14 aprile, si è concluso il 28 maggio con la ricezione di ben 350 contributi, di ampiezza e livello qualitativo decisamente elevati.

La prima bozza di SFN (BOX 2) elaborata dal gruppo di lavoro ha tenuto in estrema considerazione il mandato conferito dal com. I dell'art 6 del TUFF, ponendosi in attuazione dei principi e delle finalità di cui agli artt. 1 e 2, degli impegni assunti a livello internazionale ed europeo dall'Italia, con particolare riferimento alla [Strategia forestale dell'Unione europea](#) ed in continuità con il PQSF. Il suo compito è quello di definire gli indirizzi nazionali di tutela, valorizzazione e gestione sostenibile del patrimonio forestale nazionale e per lo sviluppo del settore e delle sue filiere produttive, ambientali e socio-culturali, ivi compresa la filiera pioppicola (Romano et al., 2019; Romano, 2018).

CONCLUSIONI

I testi unici sono, secondo la dottrina e la giurisprudenza consolidate, il prodotto della tessitura di una solida trama di coordinamento di norme pregresse, diretto anche ad apportare contenuti innovativi produttivi anche di un nuovo diritto.

Il TUFF ha certamente colto questo mandato, con un progetto per le foreste italiane che si sta chiarendo man mano che i suoi decreti attuativi vedono la luce, accompagnati da strumenti finanziari diversi da quelli stanziati con la politica di sviluppo rurale che, seppur non ingenti, contribuiscono a determinarne la concreta

attuazione, costituendo un tassello programmatico di ciò che verrà delineato come l'attuazione italiana del New green deal e della nuova programmazione europea post 2020. Il valore innovativo del TUFF, compreso e promosso già nel 2016 fino alla sua promulgazione dal Vice ministro, Sen. Andrea Olivero, è stato riconosciuto e sostenuto attivamente anche dai suoi successori politici, il Sottosegretario, On. Franco Manzato ed ora la Ministra, Sen. Teresa Bellanova.

Il d.lgs. n. 34/2018, e ai suoi decreti attuativi, tra i quali la SFN, occupa un posto di assoluto rilievo, autorevole dottrina a commento ha riconosciuto la capacità di andare oltre il principio della leale collaborazione, con un metodo di condivisione e concertazione che non ha precedenti nel panorama amministrativo, nel solco avviato dal gruppo di riferimento che elaborò il PQSF del 2008 (Ferrucci, 2019). Secondo altri commentatori, il TUFF testimonia il coraggio e la fiducia del legislatore italiano nei confronti del mondo forestale, tecnico, scientifico, imprenditoriale (Romano, 2020).

Nella complessità del momento attuale, dominato da incertezze, nessuno può dare risposte precise e sicure ai grandi temi che interrogano l'uomo contemporaneo. Il settore forestale ha fatto ricorso a conoscenze e competenze consolidate, ai saperi tradizionali e locali conservati gelosamente ed alle ricerche più avanzate, con il coinvolgimento, la partecipazione dal basso, ma anche una buona dose di creatività per delineare una gestione adattativa che non mancherà di riverberare i suoi benefici effetti sull'intera nazione, con particolare attenzione alle sue aree montane ed interne, dove è radicata la maggior parte dei nostri boschi.

BIBLIOGRAFIA

Aggestam F., Konczal A., Sotirov M., Wallin I., Paillet Y., Spinelli R., Lindner M., Derkx J., Hanewinkel M., Winkel G., 2020. *Can nature conservation be reconciled in managed forests? A review of driving factors for integrated forest management in Europe.* Journal on Environmental Management. 268, 1-9.

Carmignani S., 2019. *La nuova gestione del bosco tra funzionalizzazione, sostenibilità e interesse pubblico.* In N. Ferrucci (a cura di), Commentario al Testo Unico in materia di foreste e filiere forestali (d. lgs. 3 aprile 2018, n. 34) (pp. 27-40). Wolter Kluwer, Milano.

Ferrucci N., (a cura di), 2019. *Commentario al Testo unico delle foreste e delle filiere forestali (d. lgs. 3 aprile 2018, n. 34).* Wolters Kluwer, Milano.

Gallia R., 2018. *Problematiche ambientali nella pianificazione territoriale. Il nuovo Testo unico in materia di boschi e foreste.* Rivista giuridica del Mezzogiorno. XXXII, 2018, 4, 1107-1123.

Marchetti M., 2020. *Dire e fare nelle filiere e nei paesaggi agrari e forestali contemporanei, guardando oltre Covid19.* Tra il dire e il fare/ Notiziario dell'Archivio Osvaldo Piacentini, 19, nuova serie anno IV, 5 (8) giugno 2020.

Marchetti M., Motta R., Pettenella D., Sallustio L., Vacchiano G., 2018. *Le foreste e il sistema forestale-legno in Italia: verso una nuova strategia per rispondere alle sfide interne e globali.* Forest@ 15:41 -50. Doi: 10.3832/efor 2796-015.

Mori P., Romano R., 2017. *Considerazioni e proposte per una politica forestale.* Sherwood, 226, aprile-maggio 2017, 7-10.

Olivero A., 2018. *Direzione foreste e testo unico: da*

qui ripartono le politiche forestali. Sherwood, 234, maggio-giugno 2018, 24-25.

RAF Italia, 2018. *Rapporto sullo stato delle Foreste e del settore forestale in Italia.* Prodotto dalla Rete Rurale Nazionale (RRN 2014-2020). Compagnia delle Foreste (AR).

Romano R., 2020. *Boschi* (cap.4), in Cersosimo D., Donzelli C., (a cura di), 2020. *Manifesto per riabitare l'Italia.* Donzelli editore Roma.

Romano R., Caverni I., Pepe A., Maluccio S., Costantini G., Cesaro L., 2019. *Decreti attuativi del testo unico in materia di foreste e filiere forestali.* Sherwood, 242 settembre-ottobre.

Romano R., 2018. *Il Testo unico in materia di foreste e filiere forestali.* Agriregionieuropa anno 14 n°54, Set 2018.

Romano R., 2017. *L'evoluzione della materia forestale nelle politiche dello sviluppo rurale.* Agriregionieuropa anno 13 n°48, Mar 2017.

BOX - IL PROGETTO FORItaly

[Luca Caverni](#) e [Raul Romano](#) - CREA Politiche e Bioeconomia

Con il progetto “Formazione forestale per l’Italia” (FORItaly) si vuole promuovere e garantire la competenza e la professionalità degli operatori nel settore forestale su tutto il territorio italiano. Il progetto prevede la formazione di Istruttori forestali (in abbattimento-allestimento ed esbosco a strascico) da impiegare in successivi corsi formativi regionali rivolti agli operatori forestali in attuazione del DM Mipaaf 4472 del 29 aprile 2020 (art. 10 comma 8 lettera b, del D.Lgs. 3 aprile n. 34 - TUFF) e con il sostegno del Fondo per le foreste italiane (comma 663 art. I della Legge 30-12-2018, n. 145) del Mipaaf. Il TUFF, rappresentando il testo normativo di riferimento, indirizzo e coordinamento per le Regioni e Province Autonome in materia forestale, cerca di promuovere la crescita delle imprese e la gestione attiva e sostenibile del bosco. Il progetto FORItaly, promosso dalla Direzione generale dell'economia montana e delle foreste del Mipaaf con il supporto della Rete Rurale Nazionale 2014-2020 (RRN), della Regione Piemonte – Settore Foreste e dell'Istituto IPA, si inserisce in questo processo perché la formazione degli operatori è un elemento chiave per incentivare la competitività e sviluppo del settore, la salvaguardia dell'ambiente e dei boschi e facilitare il riconoscimento del ruolo del settore forestale e dei suoi operatori verso l'opinione pubblica e i decisori politici. Il progetto cerca di compensare l'assenza, fino all'approvazione del TUFF, di una regia comune Stato-Regioni in materia di formazione professionale nel settore forestale che limita lo sviluppo delle professionalità forestali. FORItaly, grazie al rapporto sinergico instauratosi tra le Regioni e il Mipaaf, vuole inoltre favorire l'efficace attuazione delle misure cofinanziate con il fondo FEASR sulla formazione professionale per il prossimo periodo di programmazione. Il progetto che si svilupperà nei prossimi due anni, estende a livello nazionale le migliori e più efficaci iniziative sulla formazione degli istruttori già presenti in alcune Regioni del Nord Italia, e si divide in due fasi: la prima fase, sostenuta dalla RRN 2014-2020 scheda 22.I “Foreste” e scheda 25.I “Sistema della conoscenza”, il cui evento di lancio che si è tenuto a Serra San Bruno (VV) dall’8 al 9 ottobre 2020 prevedeva un convegno dal titolo “Costruire le competenze dell’operatore forestale” e un cantiere dimostrativo in bosco, nel quale è stato individuato un percorso didattico con 7 stazioni in cui sono state mostrate competenze, attrezzature e procedure riferite a specifiche operazioni forestali. L’evento era rivolto ai soggetti che nelle Regioni e Province Autonome si occupano di promuovere e realizzare la formazione professionale in campo forestale, membri del Tavolo di filiera legno, imprese, loro associazioni e agenzie formative.

La seconda fase, oltre a 6 cantieri dimostrativi programmati in Veneto, Toscana, Sardegna, Basilicata e Sicilia, prevede nelle stesse Regioni, 7 corsi per Istruttori forestali secondo lo standard formativo nazionale, in procinto di approvazione con la collaborazione dell’Istituto Nazionale per l’Analisi delle Politiche Pubbliche (INAPP). Gli operatori forestali provenienti da ogni Regione potranno partecipare ai corsi previa selezione pratica ed attitudinale, saranno coinvolti massimo 15 partecipanti per edizione e 3 istruttori forestali delle Regioni già dotate di questa figura professionale. Al termine dei corsi è previsto un tirocinio formativo di una settimana e l’esame di qualifica. Questa fase sarà sostenuta con le risorse del Fondo per le foreste italiane.



Lezione all'interno del progetto FORItaly nel bosco di Serra San Bruno - VV (foto di F. Ambrosini).

INFRASTRUTTURE VERDI CONTRO IL CONSUMO DI SUOLO

Lorenzo Sallustio¹, Bruno Lasserre¹, Carlo Blasi^{2,*}, Marco Marchetti^{1,*}

¹Dipartimento di Bioscienze e Territorio, Università degli Studi del Molise

²Centro Interuniversitario di Ricerca "Biodiversità, Servizi Ecosistemici e Sostenibilità" – CIRBISES – Università di Roma "La Sapienza"

*Comitato Nazionale per il Verde Pubblico

Abstract: Il consumo di suolo rappresenta una delle dinamiche territoriali con i maggiori impatti sulla capacità degli ecosistemi di fornire beni e servizi per il benessere umano soprattutto in ambiente urbano. La pianificazione e progettazione di foreste urbane utili per migliorare la sostenibilità e la resilienza delle città grazie al potenziamento delle reti ecologiche, può beneficiare di una visione strategica riguardante l'intero territorio nazionale e le sue diverse specificità territoriali. All'uopo, il raggruppamento delle diverse realtà amministrative in gruppi omogenei per criticità e linee d'intervento presentato in questo contributo, fornisce un supporto alla declinazione a scala locale degli obiettivi nazionali in tema di sostenibilità urbana.

Parole chiave: Strategia Nazionale Verde Urbano, infrastrutture verdi, biodiversità, foreste urbane.

Green infrastructures against land take

Land take is one of the landscape changes with the greatest impacts on the ability of ecosystems to provide good and services for human well-being, especially in urban contexts. The urban forests planning and design enhance the sustainability and resilience of cities, thanks to the strengthening of ecological networks. Furthermore, a wide perspective and vision at national scale can improve the implementation of urban forestry initiatives at locale scale. This work presents a cluster analysis of the Italian municipalities based on their current critical issues and feasible urban forestry response, in order to facilitate the effective implementation of local scale initiatives consistent with the national objectives of urban sustainability.

Key words: National Strategy on Urban Greenspaces, green infrastructures, biodiversity, urban forests.

CAMBIAMENTI DI USO DEL SUOLO ED IMPATTI SULLA STRUTTURA E FUNZIONALITÀ DEGLI ECOSISTEMI

Il paesaggio italiano è notevolmente mutato negli ultimi decenni portando all'attenzione dei decisori politici nuove evidenze, problematiche e anche opportunità di cui tener conto per una corretta politica e pianificazione territoriale volte alla sostenibilità. Gli ultimi dati dell'Inventory dell'Uso delle Terre d'Italia IUTI descrivono, al 2017, un paese in cui nonostante la componente forestale rappresenti ormai il più diffuso uso del suolo,

superando per la prima volta dopo secoli quella agricola, si assiste ad una netta e sostanziale contrapposizione di due dinamiche di trasformazione agli antipodi: il consumo di suolo e l'espansione delle foreste ([Munafò e Marinosci, 2018](#)). La crisi del settore primario ha determinato, nell'ultimo trentennio, una forte contrazione della superficie agricola, che dal 1990 si è ridotta di circa 1,1 milioni di ha e, a seconda dell'ubicazione, per la maggior parte si è trasformata in nuovi popolamenti forestali o superfici artificiali. L'espansione forestale, per un

totale di 880 mila ha dal 1990, si è concentrata prevalentemente nelle aree interne e montane del paese dove la progressiva cessazione di attività agricole, per lo più estensive e poco redditizie, ha naturalmente lasciato spazio alla ricolonizzazione da parte del bosco ed aree preforestali che oggi si estendono su circa 11,9 milioni di ha.

L'espansione delle superfici artificiali è assai diffusa in tutto il paese, ma si concentra prevalentemente nelle aree pianeggianti e lungo le coste dove i processi di inurbamento ed urbanizzazione rappresentano il driver principale dei cambiamenti di uso del suolo. Il consumo di suolo porta con sé innumerevoli problematiche legate, in senso generale, alla riduzione o completo azzeramento nella fornitura di servizi ecosistemici. Tale criticità ha assoluta importanza dal punto di vista ecologico e di funzionamento degli ecosistemi terrestri, con ripercussioni quantificabili anche in termini economici ([Munafò, 2020](#)). Tra i diversi servizi ecosistemici intaccati dall'espansione del tessuto artificiale vi è sicuramente quello legato alla disponibilità di habitat per la flora e fauna terrestre e, dunque, alla conservazione della biodiversità. La riduzione della biodiversità comporta indirettamente una perdita significativa della funzionalità degli ecosistemi e una minore resilienza. Il consumo di suolo, infatti, implica sia la sostituzione dell'habitat originario con una superficie artificiale, che la sua frammentazione con elementi artificiali che costituiscono delle vere e proprie barriere in termini di connettività della rete ecologica (Haddad et al., 2015). La frammentazione causata dal consumo di suolo è ben evidente dalle analisi dei Rapporti sullo Stato del Capitale Naturale in Italia ([2017](#), [2018](#) e [2019](#)) da cui si evincono situazioni particolarmente critiche in diversi ecosistemi forestali proprio a

causa della elevata artificializzazione. Tale circostanza si riflette in un basso stato di conservazione di diversi ecosistemi forestali soprattutto nell'ecoregione padana e, in subordine, in quelle tirrenica ed adriatica, da cui si evince l'importanza di interventi di ripristino, riqualificazione e realizzazione di nuove infrastrutture verdi soprattutto nelle zone pianeggianti, vallive e costiere maggiormente interessate dal consumo di suolo. È inoltre acclarato come non solo l'entità del consumo di suolo ma anche i suoi pattern spaziali (e.g. più o meno diffuso e frammentato), incidano in maniera rilevante sulla funzionalità delle reti ecologiche.

L'effetto cumulativo della sostituzione e frammentazione degli habitat a causa del consumo di suolo può essere studiato tramite proxy ed indicatori. Ad esempio, l'utilizzo del tool *Habitat Quality* facente parte della suite di modelli [InVEST](#), permette di quantificare in termini relativi tramite indici adimensionali, sia il livello di qualità degli habitat (*Habitat Quality - HQ*) che di degrado degli stessi (*Habitat Degradation - HD*). Mentre HQ è un indice a cui può essere ricondotto la capacità di un dato uso del suolo di ospitare biodiversità in un singolo pixel, HD fornisce un'indicazione quantitativa dell'impatto cumulativo legato alle diverse fonti di minaccia e pressione di origine per lo più antropica presenti in un determinato territorio. La restituzione in termini spazialmente esplicativi di tali indicatori e la loro ulteriore elaborazione tramite, ad esempio, l'analisi dei cluster spaziali per individuare gli *hotspot* di qualità o di degrado, offrono notevoli potenzialità per la pianificazione territoriale sia in termini di prevenzione e riduzione degli impatti legati al consumo di suolo, sia per quanto riguarda interventi di recupero e mitigazione in contesti

dove la funzionalità della rete ecologica risulta compromessa come quelli urbani e periurbani della penisola (Sallustio et al., 2017).

Proprio dalla lettura territoriale dell'impatto ecologico del consumo di suolo nasce la necessità di un'analisi ampia e multifattoriale per orientare interventi di recupero e mitigazione in grado di attenuare l'antinomia tra città e campagna. Se il processo di rinaturalizzazione di alcune porzioni di territorio può rappresentare una opportunità dal punto di vista ecologico, è altresì chiaro che la riduzione della pressione antropica in taluni ambienti non può riversarsi in maniera incontrollata nelle città in cui la maggior parte della popolazione si concentra. Se il valore intrinseco della natura (c.d. "di esistenza") è infatti già di per sé valevole di conservazione in ambiti territoriali in cui la presenza antropica è ormai sporadica, è sempre più chiaro come il suo valore strumentale, ovvero quello legato ai beni e servizi che essa offre per il miglioramento del benessere umano, rappresentino un elemento centrale nella transizione ecologica soprattutto nei contesti urbani. Tali considerazioni sono diventate ancora più cogenti alla luce della recente emergenza legata alla diffusione della pandemia da Covid-19, in cui la necessità di avere città resilienti che garantiscono il massimo livello di benessere dei cittadini anche grazie all'implementazione di *Nature Based Solutions*, è emersa come un elemento non più procrastinabile anche da un punto di vista prettamente sanitario (Fares et al., 2020). È proprio in tale contesto che l'esigenza di una visione strategica riguardante il potenziamento delle infrastrutture verdi negli ambienti urbani è ormai riconosciuto come una priorità dal punto di vista politico e pianificatorio.

DALL'ANALISI DEL PROBLEMA ALLA VISIONE STRATEGICA PER L'ELABORAZIONE DELLE RISPOSTE

Se il ruolo delle infrastrutture verdi nelle loro diverse forme e strutture è ormai acclarato, resta ancora urgente la necessità a livello politico e strategico di conoscere e schematizzare le diverse peculiarità territoriali, in modo da garantire l'equa ripartizione di risorse economiche e al contempo fornire linee guida facilmente implementabili a scala comunale. Questa funzione strategica e di visione è alla base della [Strategia Nazionale del Verde Urbano](#), nella quale appunto è stata analizzata, attraverso un approccio multifattoriale, la possibilità di creare dei gruppi di comuni tendenzialmente omogenei per esigenze in termini di interventi a potenziamento delle infrastrutture verdi. Lo scopo di tali gruppi funzionali è di fornire linee guida di tipo generale per orientare le scelte di pianificazione, progettazione e gestione del verde pubblico il più possibile coerenti con le esigenze specifiche delle singole municipalità. Grazie ad una lettura approfondita, è inoltre possibile fornire una gerarchizzazione, caratterizzazione e classificazione in termini di rilevanza e priorità degli interventi auspicabili al fine di ottimizzare e rendere più efficiente l'uso e la ripartizione delle risorse economiche che, dal livello centrale, vengono messe a disposizione dei singoli territori.

Il raggruppamento dei Comuni in gruppi omogenei avviene tramite la considerazione di diversi fattori rappresentativi di alcune problematiche legate alle caratteristiche peculiari delle superfici artificiali quali: la tipologia di forme urbane (dalle monocentriche compatte alle forme diffuse) e la presenza di infrastrutture primarie (autostrade, strade statali importanti e ferrovie), che

Cluster	Descrizione cluster	Linea d'intervento	Rilevanza intervento	Numero Comuni	Valore medio HQ	Valore medio HD	Coefficiente boscosità medio attuale
1	0-1500 abitanti; Built up <7.64%; no infrastrutture primarie; monocentriche, monocentriche compatte e disperse	Gestione e manutenzione del verde pubblico esistente	Media	1110	0.674	0.010	55%
2	0-1500; Built up <7.64%; diffuse, policentriche e monocentriche con infrastrutture primarie	Filari alberati per mitigazione impatti infrastrutture e potenziamento infrastrutture verdi, anche per produzione legnosa	Media	3178	0.616	0.013	51%
3	0-1500; Built up >7.64%; monocentriche, monocentriche compatte e monocentriche disperse	Green belt (sensu anglosassone) attorno ai Comuni; cinte verdi per migliorare servizi ecosistemici e contenere il consumo di suolo	Alta	1620	0.427	0.022	32%
4	0-1500; Built up >7.64%; diffuse e policentriche	Infrastrutture verdi di connessione delle aree forestali già presenti, che oltre a migliorare servizi ecosistemici possono assolvere alla funzione tipicamente svolta dalle green belt	Alta	1818	0.422	0.021	29%
5	>1500; monocentriche e monocentriche compatte; Built up >7.64%	Green belt (sensu anglosassone) attorno ai Comuni e filari alberati di connessione dei parchi urbani con aumento della copertura delle chiome (attenuazione isole calore)	Altissima	178	0.273	0.040	11%
6	>1500; policentriche, diffuse e monocentriche disperse; Built up >7.64%	Infrastrutture verdi a raggiera di collegamento aree parchi urbani, il contenimento del consumo di suolo e facilitazione della regimazione flussi e deflussi idrici	Altissima	94	0.326	0.035	31%

Figura 1. Ripartizione in cluster dei 7998 comuni italiani, con relativa descrizione, linee di intervento e caratterizzazione (modificato dalla [Strategia Nazionale del Verde Urbano](#)).

condizionano lo sviluppo territoriale e gli impatti all'interno dei singoli Comuni, il grado di superficie artificiale e la densità abitativa. I primi tre fattori danno informazioni utili a caratterizzare la forma ed intensità del tessuto artificiale e consentono una maggiore comprensione degli impatti negativi sulla funzionalità ecologica degli ecosistemi naturali anche in termini di reti ecologiche in ambito periurbano e urbano. La densità abitativa, invece, risulta un parametro importante in riferimento al numero di persone che beneficiano dei servizi ecosistemici forniti dalle infrastrutture verdi. Allo stesso modo, la formazione dei cluster può essere arricchita con analisi di tipo ecologico e territoriale per fornire indicazioni più puntuali rispetto agli interventi attuabili nei diversi contesti territoriali. Per approfondimenti circa la metodologia utilizzata nel processo di clusterizzazione si rimanda al relativo capitolo della [Strategia Nazionale del Verde Urbano](#).

Urbano.

Sulla base dei fattori considerati sono stati individuati 6 clusters che raggruppano i 7998 comuni italiani. Ciascun cluster presenta delle caratteristiche distintive sulla cui base è possibile prevedere degli interventi congruenti con le caratteristiche e problematiche specifiche dei comuni in esso ricadenti (Figure 1 e 2). In linea generale, passando dal cluster 1 al cluster 6 si incontrano situazioni via via più complesse e che richiedono interventi di pianificazione e gestione del verde, ivi compresi i nuovi impianti, di maggiore rilevanza e urgenza. La rilevanza ed urgenza degli interventi è intuibile facendo riferimento a due fattori importanti quali la densità di popolazione, e quindi di beneficiari dei servizi ecosistemici erogati dalle infrastrutture verdi, ed il coefficiente di boscosità che, come osservabile, tende a decrescere passando dal cluster 1 al 6.

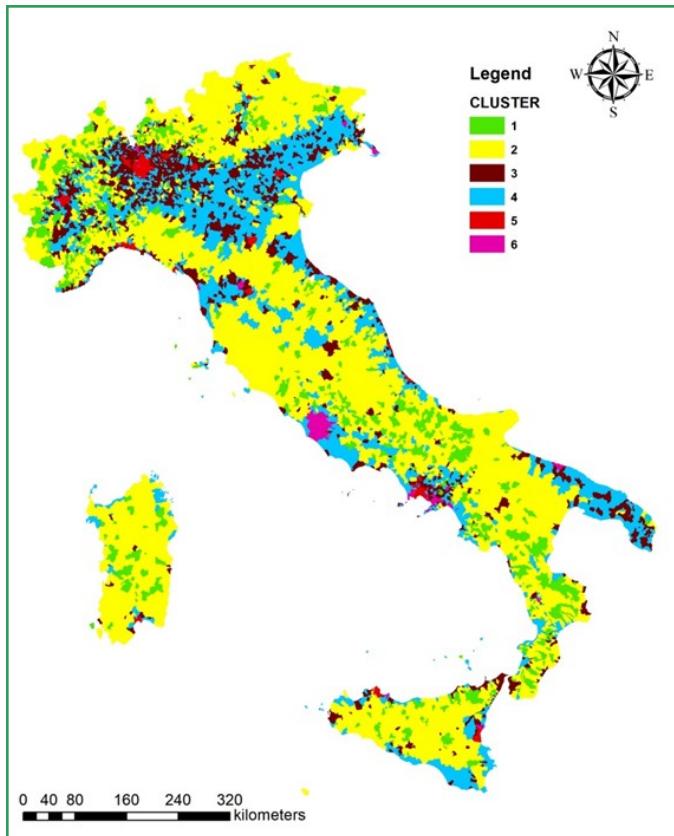


Figura 2. Classificazione dei Comuni italiani in cluster per la pianificazione e gestione del verde pubblico ([Strategia Nazionale del Verde Urbano](#)).

La bassa densità abitativa, lo sviluppo tendenzialmente monocentrico e l'assenza di infrastrutture primarie altamente trafficate, fanno sì che per i 1100 comuni appartenenti al cluster 1 si preveda essenzialmente la gestione del verde urbano e periurbano presente, cercando, laddove ve ne sia l'opportunità, di creare il più possibile connessioni con la matrice forestale già di per sé abbondante nell'intorno extraurbano (mediamente il 55% della superficie amministrativa).

Tale obiettivo di ricucitura e riconnessione è enfatizzato per i 3178 comuni ricadenti nel cluster 2, in cui la forma dispersa del tessuto artificiale e la presenza di infrastrutture primarie evidenziano l'esigenza di creare infrastrutture verdi tramite, ad

esempio, nuovi filari alberati. Tali interventi oltre ad aumentare la connettività ecologica con la matrice forestale esterna all'abitato, o tra gli abitati in caso di comuni policentrici, avrebbe anche la capacità di mitigare l'impatto del traffico veicolare termini di inquinamento atmosferico ed acustico. Oltre ai servizi ecosistemici di supporto e regolazione, tali infrastrutture verdi potrebbero altresì erogare servizi di fornitura legati ad esempio al legname da esse ritraibili qualora si pensasse alla progettazione secondo gli schemi degli impianti policiclici (si vedano ad esempio i risultati del progetto [LIFE InBioWood](#)). Tale modalità operativa, opportunamente gestita e pianificata, garantirebbe la possibilità di avere dei ritorni economici per le amministrazioni che potrebbero essere reinvestiti per la corretta gestione e manutenzione del verde in un'ottica di sostenibilità economica oltre che ambientale.

Nei cluster 3 e 4, rispetto ai precedenti due, il superamento del valore medio nazionale di impermeabilizzazione del suolo (7,64% della superficie amministrativa), costituisce di fatto un campanello d'allarme rispetto all'importanza di prevedere nuovi interventi di forestazione volti, tra le altre cose, a contenere l'ulteriore espansione e frammentazione del tessuto artificiale. Nel caso dei comuni monocentrici, la creazione di una cintura verde (*green belt*) forestale limiterebbe l'ulteriore espansione dell'area periurbana e ne consentirebbe la riqualificazione ecologica. La loro configurazione come zone a margine o in attesa di destinazione (es., *brownfields*, *terrain vague*) fa sì che proprio le aree periurbane presentino notevoli criticità e degrado dal punto di vista ambientale che potrebbero essere contenute grazie ad interventi di riqualificazione. Le cinture verdi forestali

sarebbero quindi inquadrabili come zone buffer in grado di attenuare l'impatto della città sulla matrice ambientale esterna, ma al contempo aumenterebbero la connettività tra la matrice naturale e le infrastrutture verdi già presenti in contesto urbano ma che spesso risultano isolate. Tale ruolo di riconnessione ecologica è però ancor più evidente nei comuni ricadenti nel cluster 4, la cui forma diffusa o policentrica dovrebbe far protendere le amministrazioni verso la costruzione di elementi diffusi ed a sviluppo lineare, che oltre a riqualificare le zone degradate fungono da corridoi ecologici tra le diverse aree verdi incluse nel tessuto urbano e la matrice forestale extraurbana. Un interessante esempio in tal senso è il progetto "[Kilometro Verde](#)", una fascia alberata di ben undici chilometri parallela al tratto dell'autostrada del Sole che attraversa il Comune di Parma, realizzata grazie ad una partnership pubblico privata.

Nei cluster 5 e 6, rispetto ai due precedenti, si trovano città ad alta densità abitativa (maggiore di 1500 abitanti/km²). Proprio la densità abitativa rappresenta l'elemento da cui scaturisce l'assoluta urgenza di nuove infrastrutture verdi in grado di migliorare le condizioni di benessere dei cittadini. Secondo le analisi condotte (Sallustio et al. 2019), proprio le aree ad alta densità abitativa sono infatti quelle in cui la disponibilità pro-capite di aree verdi è più limitata, attestandosi mediamente intorno ai 9 m² a persona. Un dato non positivo se paragonato al dato medio nazionale di 27,2 m² per abitante o ai 72 m² delle aree a bassa densità abitativa (Sallustio et al. 2019). Dal punto di vista analitico, è interessante notare alcuni aspetti legati al verde urbano presente nei contesti ad alta densità abitativa deducibili dallo stesso studio. Il primo elemento riguarda l'estensione delle aree

forestali in questi contesti, dove gli elementi inferiori ai 5000 m², convenzionalmente definiti come "alberi fuori foresta", rappresentano ben il 23% in termini di superficie rispetto ai 17 mila ha totali di verde forestale ivi presente, e addirittura circa il 90% in termini di numerosità totale degli elementi di verde forestale. Tale frammentazione fa sì che nei contesti densamente abitati la superficie media delle aree forestali sia pari a circa 3000 m², ovvero molto inferiore rispetto al dato medio nazionale (5800 m²) e a quello dei contesti a bassa densità abitativa (8500 m²) (Sallustio et al. 2019). Da tale constatazione si può dedurre come anche le nuove infrastrutture verdi ed interventi di forestazione in tali ambiti, dovranno presumibilmente seguire una logica spaziale più frammentata, privilegiando elementi di piccola estensione, in termini sia areali che di conformazione (es. larghezza), cercando di massimizzare l'utilizzo degli spazi permeabili a disposizione (residuali o da creare previa de-impermeabilizzazione). Una rete di nodi (*stepping stones*) e corridoi in cui le barriere artificiali preesistenti possano essere superate proprio tramite la creazione di elementi di congiunzione di piccola dimensione. Tra le altre cose, l'elevata densità di elementi forestali di piccole dimensioni rappresenta un fattore in grado di migliorare notevolmente la preferenza estetica da parte delle persone (di Cristofaro et al., 2020), con tutto ciò che questo comporta sia in termini di vivibilità da parte degli abitanti che attrattività turistica. Un altro elemento importante di riflessione riguarda la densità delle chiome degli elementi forestali in contesti densamente abitati. L'83% delle foreste urbane in zone ad alta densità abitativa presentano un grado di copertura medio delle chiome medio o scarso, da cui si evince

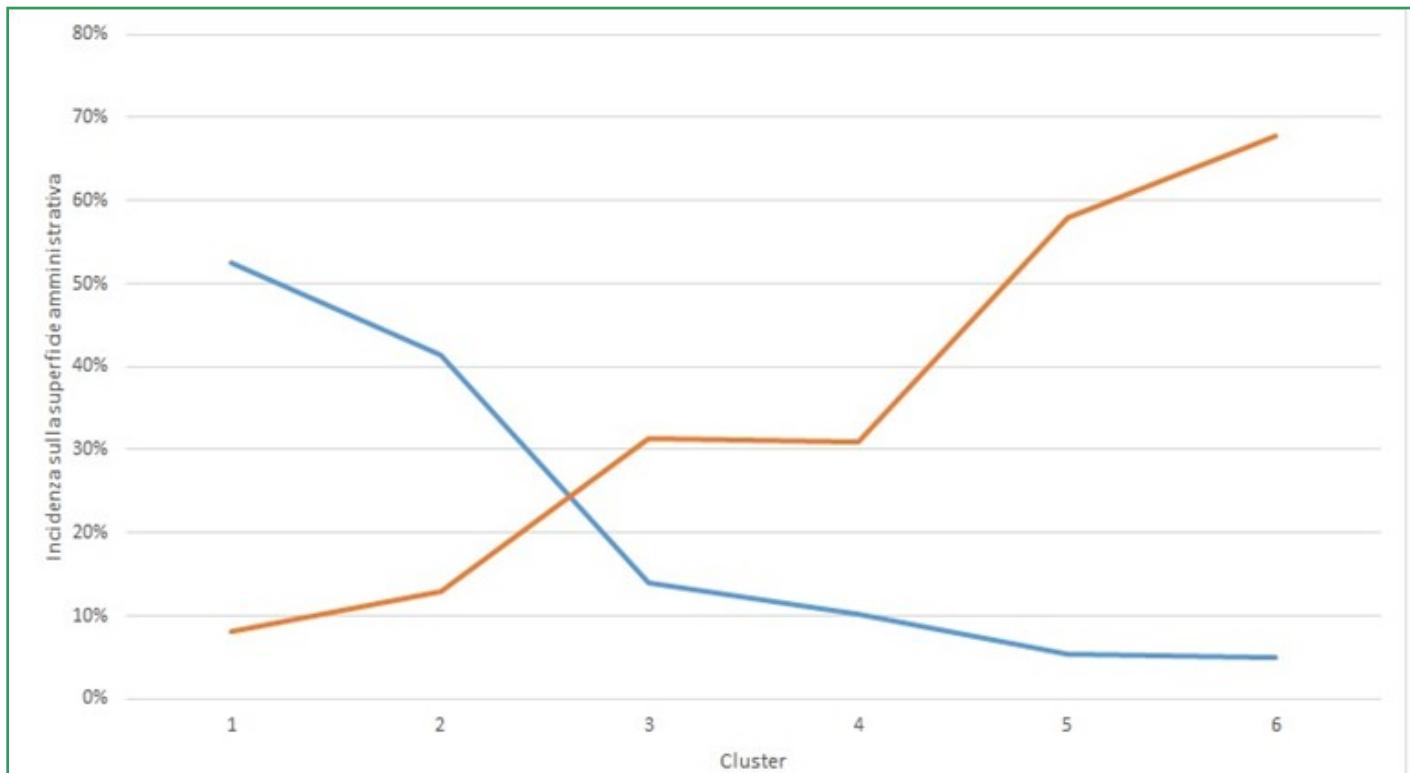


Figura 3. Incidenza relativa (%) della superficie occupata da hotspot di HQ (linea blu) e HD (linea rossa) rispetto alla superficie amministrativa totale dei comuni afferenti ai diversi cluster (dati elaborati da Sallustio et al., 2017).

l'importanza di pianificare e progettare interventi di rinfoltimento legati proprio all'aumento della densità di individui arborei nelle aree verdi esistenti (Sallustio et al., 2019). La rimozione della crosta artificiale e l'aumento delle superfici permeabili da destinare a progetti di forestazione urbana, resta comunque un punto fondamentale nei contesti ad alta densità abitativa e soprattutto nei comuni a sviluppo monocentrico e compatto (cluster 5) in cui il coefficiente di boscosità attuale dell'11% indica l'urgenza degli interventi da porre in essere.

LA LETTURA DEL CONTESTO TERRITORIALE A SUPPORTO DELLE DECISIONI RELATIVE ALLE MODALITÀ E PRIORITÀ DI INTERVENTO

Oltre alle caratteristiche fin qui descritte, le modalità operative e la presenza rilevante di foreste urbane possono essere meglio compresi e

rimarcati tramite analisi aggiuntive dei cluster. Come osservabile in Figura 1, parametri come il valore medio di HQ o HD, calcolati a partire da Sallustio et al. (2017), forniscono indicazioni sulle condizioni degli habitat nei comuni afferenti ai diversi cluster. Mentre HQ tende a decrescere passando dal cluster 1 al cluster 6, HD tende ad aumentare. È inoltre interessante notare come sia il valore più basso di HQ che quello più alto di HD siano riscontrabili nei 178 comuni del cluster 5 dove il basso indice di boscosità unito alla forma monocentrica degli insediamenti, costituiscono dei chiari elementi di criticità dal punto di vista ecologico. Tale constatazione è avvalorata dai dati in Figura 3 da cui si evince come passando dal cluster 1 al cluster 6, la superficie amministrativa occupata da hotspot di HQ tenda ad aumentare, inversamente a quanto registrato per gli hotspot di HD, che occupano il 58% e il 68% della superficie

Cluster Strategia Verde Urbano	Numero di Comuni
1	39
2	85
3	166
4	179
5	82
6	25
Totale	576

Tabella 1. Distribuzione nei vari cluster dei 576 Comuni delle Città Metropolitane in infrazione per il PM 10 (Comitato per il verde Pubblico).

amministrativa dei cluster 5 e 6, rispettivamente. L'analisi degli *hotspot* fornisce indicazioni interessanti in quanto consente non solo di analizzare la qualità o il degrado degli habitat in maniera puntuale, ma anche la tendenza di questi valori ad aggregarsi nello spazio, svolgendo quindi un effetto amplificante sia per quanto riguarda la qualità che il degrado. Tale effetto è deducibile dal fatto che nonostante il valore medio di HD sia inferiore nel cluster 6 rispetto al cluster 5, la superficie amministrativa occupata dagli *hotspot* di HD sia superiore nel cluster 6 rispetto al 5. Questa caratteristica è essenzialmente riconducibile alla maggiore dispersione del tessuto artificiale nel cluster 6, in cui l'effetto cumulativo delle fonti di minaccia e pressione sugli elementi naturali interclusi sono maggiormente enfatizzati rispetto a quanto avviene nei comuni più compatti del cluster 5.

Rispetto alla priorità dell'intervento, un elemento aggiuntivo può essere rappresentato dalla capacità delle foreste urbane di ridurre e mitigare l'impatto degli inquinanti atmosferici (ad es. PM10). Dei 3127 comuni italiani attualmente in zona di infrazione per il PM 10, il 19% è ricade all'interno di 10 Città Metropolitane, in

particolare Torino e Milano (256 e 133 comuni rispettivamente). Incrociando i Comuni in zona di infrazione ricadenti all'interno dei territori delle Città metropolitane con il cluster di afferenza, si può osservare come circa il 60% di essi sia ascrivibile ai cluster 3 e 4 (Tabella 1). Da ciò si evince che oltre a poter attuare le modalità di intervento precedentemente descritte, vi sono in effetti ampi margini di movimento per la creazione di nuove infrastrutture verdi che oltre ad un importante ruolo per la funzionalità della rete ecologica, avrebbero dunque anche un ruolo chiave per la salute pubblica (Fares et al., 2020). Conoscere le caratteristiche degli interventi attuabili dalle singole amministrazioni afferenti ad una medesima unità amministrativa, come ad esempio le città metropolitane, costituisce un elemento importante per due motivi principali quali, a) concertare e coordinare gli interventi nelle singole municipalità per migliorarne l'efficacia a scala territoriale, b) supportare l'amministrazione centrale nella ripartizione delle risorse economiche verso le singole unità amministrative.

Un ulteriore approfondimento riguarda l'incrocio tra i risultati della clusterizzazione dei comuni per la Strategia Nazionale del Verde Urbano e le caratteristiche da un punto di vista prettamente ecologico fornite dalla carta delle ecoregioni (Blasi et al., 2018). Osservando la Figura 4, si evince infatti come le sezioni ecoregionali con maggiore necessità di intervento siano la Sezione Tirrenica meridionale, con 42 comuni nel cluster 5 e 47 nel cluster 6, e la Sezione Padana con 111 comuni nel cluster 5 e 11 nel cluster 6. Questo dato è avvalorato dal fatto che entrambe le

Sezioni sono caratterizzate da un basso stato di conservazione stando a quanto riportato nella seconda edizione del [Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia – 2018](#). Dalla stessa analisi per ecoregioni si evince inoltre che, escludendo i Comuni afferenti ai primi due cluster, in cui gli interventi possono avere una rilevanza strategica marginale, i restanti quattro cluster (dal 3 al 6) coprono il 90% del territorio della Porzione Italiana della Provincia Illirica, il 79% della Sezione Padana, il 78% della Porzione Italiana della Provincia Ligure Provenzale e il 74% della Sezione Adriatica Centrale, a sottolineare l'importanza di prevedere risorse economiche per il potenziamento delle infrastrutture verdi in questi ambiti territoriali. Questa lettura ecologica può fornire un valido supporto per stabilire le priorità di intervento a scala nazionale e fornire linee guida a supporto alla corretta progettazione degli interventi.

CONCLUSIONI

L'analisi degli interventi per il potenziamento delle infrastrutture verdi tramite un approccio per gruppi, fornisce una lettura a scala nazionale delle possibili azioni implementabili a scala comunale al fine di:

- i) fornire linee guida standardizzate che, per quanto generali all'interno dei diversi gruppi di Comuni, possano supportare e indirizzare le scelte a scala locale;
- ii) creare raggruppamenti omogenei per problematiche ed interventi per migliorare la condivisione di esperienze e conoscenze tra le diverse amministrazioni (e.g., condivisione ed *upscaleing* di buone pratiche);
- iii) migliorare l'utilizzo e ripartizione delle risorse economiche erogate a livello centrale (tipologia e priorità degli interventi);
- iv) migliorare il coordinamento delle azioni a scala locale facilitando il monitoraggio degli

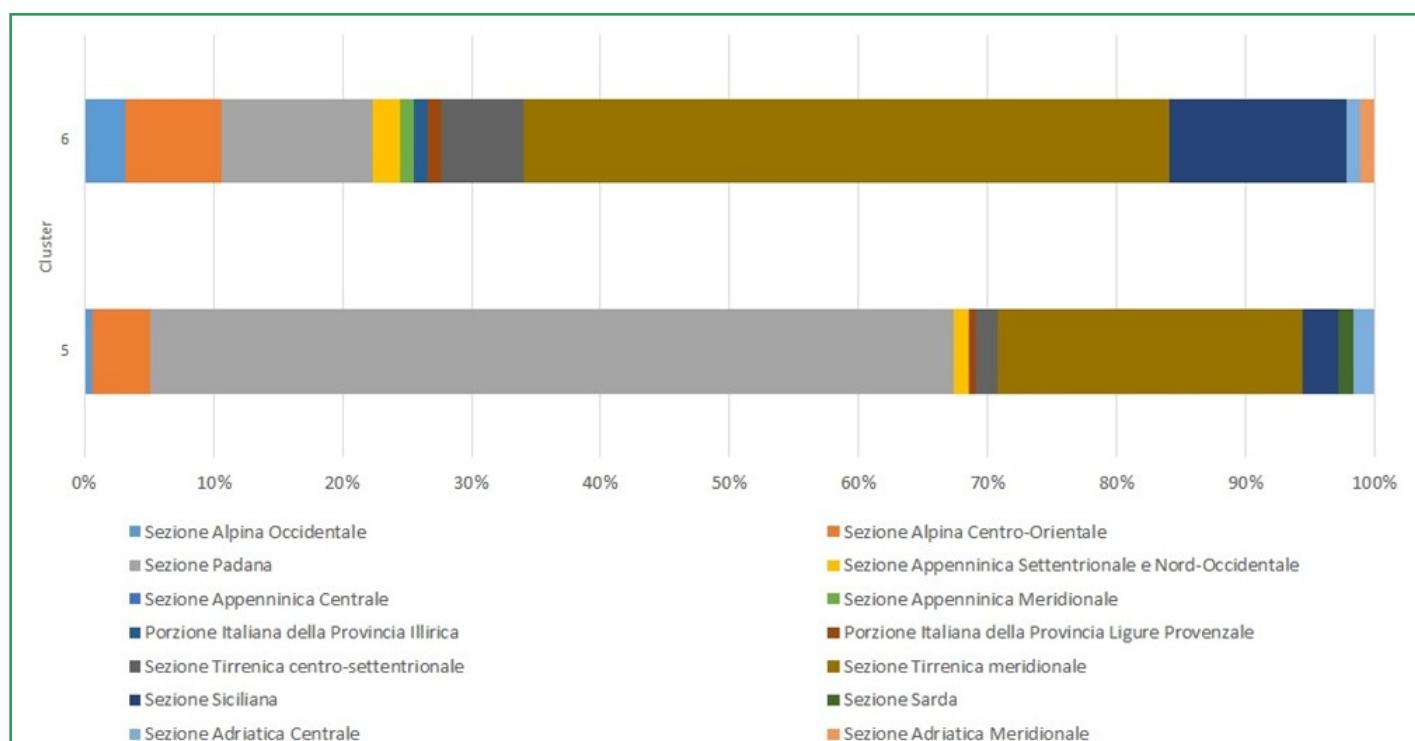


Figura 4. Distribuzione relativa (%) dei Comuni afferenti ai cluster 5 e 6 alle diverse Sezioni ecoregionali ([Strategia Nazionale del Verde Urbano](#); Blasi et al., 2018).

interventi e potenziandone l'efficacia complessiva nel rispondere ad obiettivi strategici a scala nazionale.

Tali analisi offrono quindi un valido supporto per la promozione di foreste urbane e periurbane in attuazione dei tre principi fondamentali della [Strategia Nazionale del Verde Urbano](#) ossia passare da metri quadrati a ettari, ridurre le superfici asfaltate, adottare le foreste urbane come riferimento strutturale e funzionale del verde urbano. Tali principi sono perfettamente in linea con quelli della [Strategia Forestale Nazionale](#), di cui si è appena conclusa la fase di consultazione pubblica, e presentano elementi utili a supporto delle numerose iniziative a scala nazionale ([60 milioni di alberi](#), [Decreto Clima](#), [Banca degli alberi](#)) e locale (es., [Emilia-Romagna](#), [Lazio](#), [Torino](#), [Milano](#)), aventi ad oggetto la messa a dimora di milioni di alberi per dare luogo a un parco reticolare sistematico di alberi e foreste su tutto il territorio nazionale. Si vuole quindi realizzare una vasta rete di connessione funzionale tra le aree metropolitane e le città densamente abitate mediante un insieme di infrastrutture verdi locali determinanti per migliorare il benessere e la salute dei cittadini (Infrastruttura Verde Italia - IVI). Le città si trasformeranno in biocittà e gli alberi nei contesti urbani e perturbati serviranno al collegamento ecologico-funzionale, sociale ed economico con le aree interne ed i piccoli borghi, così come richiedono il [Green deal europeo](#) e la [Strategia per la Biodiversità 2030](#) quando sottolinea l'esigenza di tutelare il 10% dei paesaggi rurali e di definire "piani del verde" per tutti i Comuni.

RINGRAZIAMENTI

Il presente contributo è stato sviluppato nell'ambito delle attività progettuali del PRIN 2017 "Establishing Urban FORest based solutions In Changing Cities" (EUFORICC), cod 20173RRN2S, finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca (coordinatore: Carlo Calfapietra).

BIBLIOGRAFIA

- Blasi C., Capotorti G., Copiz R., Mollo B., 2018. [A first revision of the Italian Ecoregion map](#). Plant Biosyst. 152, 1201–1204.
- Comitato Capitale Naturale, 2017. [Primo Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia](#). Roma.
- Comitato Capitale Naturale, 2018. [Secondo Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia](#). Roma.
- Comitato Capitale Naturale, 2019. [Terzo Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia](#). Roma.
- Comitato del Verde Pubblico, 2018. [Strategia Nazionale Del Verde Urbano](#). Roma.
- di Cristofaro M., Sallustio L., Sitzia T., Marchetti M., Lasserre B., 2020. [Landscape preference for trees outside forests along an urban-rural-natural gradient](#). Forests, 11(7), 728.
- Fares S., Sanesi G., Vacchiano G., Salbitano F., Marchetti M., 2020. [Urban forests at the time of COVID-19 protect us from fine dust](#). For. - Riv. di Selvic. ed Ecol. For. 17, 48–51.
- Haddad N.M., Brudvig L.A., Clobert J., Davies K.F., Gonzalez A., Holt R.D., Lovejoy T.E., Sexton J.O., Austin M.P., Collins C.D., Cook W.M., Damschen E.I., Ewers R.M., Foster B.L., Jenkins C.N., King A.J., Laurance W.F., Levey D.J., Margules C.R., Melbourne B.A., Nicholls A.O., Orrock J.L., Song

D.X., Townshend J.R., 2015. *Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems*. Sci. Adv. 1, 1–10.

Munafò M., Marinosci I. (a cura di), 2018. *TERRITORIO. Processi e trasformazioni in Italia*. Rapporti ISPRA 296/2018, ISPRA, Roma.

Munafò M. (a cura di), 2020. *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Report SNPA 15/2020, SNPA, Roma.

Sallustio L., De Toni A., Strollo A., Gissi E., Vizzarri M., Casella L., Geneletti D., Munafò M., Marchetti M., 2017. *Assessing habitat quality in relation to the spatial distribution of protected areas in Italy*. J. Environ. Manage. 201, 129–137.

Sallustio L., Perone A., Vizzarri M., Corona P., Fares S., Cocozza C., Tognetti R., Lasserre B., Marchetti M., 2019. *The green side of the grey: Assessing greenspaces in built-up areas of Italy*. Urban For. Urban Green. 37, 147–153.

IL CONTRIBUTO DELLA CONVENZIONE DELLE ALPI A UN SISTEMA FORESTALE CLIMATICAMENTE NEUTRALE E RESILIENTE

Luca Cetara¹, Paolo Angelini², Pasquale La Malva³, Valentina Sgambato¹, Tommaso Bastiani¹

¹ Eurac Research, Bolzano

² Capo delegazione italiana in Convenzione delle Alpi

³ Università “G. d’Annunzio” di Chieti-Pescara (UNICH), Dipartimento di Scienze Psicologiche, della Salute e del Territorio (DiSPuTer), Unità di Earthquake and Environmental Hazards (EEH)

Abstract: Le foreste sono un elemento essenziale del paesaggio alpino e coprono il 46% dell’area di applicazione della Convenzione delle Alpi, uno dei cui Protocolli è dedicato alle foreste montane. Negli anni, numerose iniziative istituzionali si sono rivolte alle funzioni delle foreste alpine per la mitigazione e l’adattamento ai cambiamenti climatici. Nel contributo si richiamano i principali impegni istituzionali dei Paesi alpini nel campo della gestione forestale e dei cambiamenti climatici, alcuni strumenti di policy e una selezione di casi di governance forestale regionale orientata al clima. Infine, si descrive l’approccio internazionale delle “climate implementation pathways” nel campo della gestione forestale applicato dal Comitato Consultivo sul Clima della Convenzione delle Alpi.

Parole chiave: Alpi, foreste montane, cambiamenti climatici, governance.

The role of the Alpine Convention for a climate neutral and resilient forest system.

Forests are a vital element of Alpine landscape and cover 46% of the scope of application of the Alpine Convention, which addresses mountain forests in one of its Protocols. Over the years institutional actions have been undertaken to address the functions performed by Alpine forests for climate change mitigation and adaptation. We report on the main institutional commitments by the Alpine countries in the fields of forest management and climate change, a few policy instruments addressing forests and climate change, and cases in governance of mountain forests and climate change as implemented in the region. Eventually we present the international approach of “climate implementation pathways” as applied to Alpine forest management by the Alpine Climate Board in the framework of the Alpine Convention.

Key words: Alps, mountain forests, climate change, governance.

INTRODUZIONE

Le Alpi sono una delle aree d’Europa in cui la copertura forestale è più estesa (190.272,20 Km²): foreste e aree boscate (10% del totale) occupano circa il 46% dell’area di applicazione della Convenzione delle Alpi, una quota superiore sia alla media europea (33%) sia a quella nazionale dei Paesi alpini (35%). Le foreste sono un elemento caratterizzante il paesaggio alpino, forniscono funzioni protettive ed ecologiche a tutela della qualità degli ecosistemi e della biodiversità

regionale (circa il 40% della superficie della Rete Natura 2000 è costituita da foreste) e svolgono un ruolo socio-economico cruciale per la popolazione consentendo attività produttive e ricreative ([Angelini e Reiterer, 2015](#)). Le proiezioni sulle variazioni delle temperature nell’arco alpino (2021-2050) rispetto al periodo 1971-2000 indicano un aumento maggiore rispetto al resto d’Europa (+2°C circa), specialmente rispetto a indicatori di precipitazioni, giorni di gelo e copertura nevosa ([MATTM, 2017](#);

[Zebisch M. et al., 2018\).](#)

Il carbonio nella biomassa forestale alpina ([INFC, 2005](#)) può raggiungere i 600 milioni di tonnellate (pari a 2.200 Mton CO₂), con un assorbimento annuo stimato di 55 Mton di CO₂, di cui una quota stocca nella crescita della biomassa forestale (contabilizzata), una nel legno a uso industriale (non contabilizzata) e una come combustibile (reimmessa in atmosfera). I dati indicano ([Angelini e Reiterer, 2015](#)) prelievi per ettaro disallineati rispetto all'accrescimento forestale (tra 0.02% in Liechtenstein e 0.9% in Italia), segno di una gestione forestale frammentata e talora occasionale con l'eccezione dell'area nord-orientale (ibidem). La distribuzione delle foreste montane, a lungo termine, è in gran parte determinata da clima e condizioni del suolo che ne causano lo spostamento altitudinale e latitudinale e la distribuzione delle specie. I cambiamenti climatici influiscono sulla loro stabilità attraverso eventi estremi sempre più frequenti e patologie determinate da parassiti (Jandl et al., 2013).

I FONDAMENTI ISTITUZIONALI DELLA GOVERNANCE FORESTALE E CLIMATICA NELLA CONVENZIONE DELLE ALPI

Il riconoscimento delle Alpi come ecosistema, luogo di vita, di lavoro e di svago ha portato alla firma della [Convenzione delle Alpi](#) (1991) tra le nazioni alpine e l'Unione Europea, primo trattato internazionale per la protezione e lo sviluppo sostenibile di una regione montuosa transfrontaliera.

Oltre alla [Convenzione Quadro](#), i [7 Protocolli attuativi](#) definiscono misure specifiche sui temi dell'[art. 2 del Trattato](#). Tra essi, il [Protocollo Foreste Montane](#) (1996) riconosce il valore delle foreste alpine e il loro carattere multifunzionale, ponendo obiettivi ecologici (tutela, conservazione e ripristino degli habitat; incremento della

superficie; gestione sostenibile; rigenerazione naturale) ed economici da perseguire attraverso la cooperazione transfrontaliera nella pianificazione territoriale e settoriale e nel riconoscimento delle principali funzioni delle foreste alpine, in particolare quella di protezione e quella economica (silvicoltura, filiere del legno, forestali, produttive). Dal 2012 il Gruppo di Lavoro "Foreste montane" analizza gli aspetti del settore ritenuti primari a livello regionale, compreso il ruolo delle foreste nelle politiche climatiche di mitigazione e adattamento e i servizi ecosistemici forestali. La "[Dichiarazione sul valore delle foreste alpine](#)" di Torino (2014) invita le Parti a promuovere una gestione sostenibile delle foreste in linea con il diritto nazionale, europeo e internazionale e costituisce la decisione ministeriale più compiutamente dedicata al settore forestale dalla Convenzione delle Alpi. Il tema delle politiche climatiche transfrontaliere è, invece, stato affrontato dalla Convenzione con l'adozione della [Dichiarazione sui cambiamenti climatici](#) (Alpbach 2006) e il [Piano d'azione sui cambiamenti climatici nelle Alpi](#) (Evian 2009).

La Dichiarazione sul valore delle foreste alpine pone, tra le altre cose, l'accento sul riconoscimento dei servizi ecosistemici di rilievo climatico delle foreste, tra cui la protezione dai pericoli naturali e la regolazione del ciclo delle acque e del carbonio attraverso la condivisione di ricerche e buone pratiche sui meccanismi di sostegno alla fornitura di servizi ecosistemici, ivi inclusi gli strumenti economici e le forme di pagamento per i servizi ecosistemici. Particolare attenzione è rivolta al concetto di green economy, quale sistema fondato sui principi dell'uso efficiente delle risorse e delle basse emissioni di CO₂ ([UNEP, 2011](#)), e la Dichiarazione promuove

l'uso sostenibile del legno a livello regionale come materia prima e fonte di energia rinnovabile (Angelini e Reiterer, 2015).

I cambiamenti climatici ritornano come priorità del [Programma di Lavoro Pluriennale della Convenzione 2017-2022](#) (2016), che ha istituito un Comitato Consultivo per il clima alpino al fine di individuare le iniziative esistenti in materia ([PSAC, 2019d](#)) e di elaborare un sistema di obiettivi per una regione alpina “neutrale dal punto di vista climatico e resiliente”, in linea con le politiche europee e internazionali.

La [Dichiarazione di Innsbruck](#) (2019), dedicata alle Alpi climaticamente neutrali e resilienti, è stata approvata insieme con il [Sistema Alpino di Obiettivi Climatici al 2050](#) ([PSAC, 2019a](#)), elaborato dal Comitato Consultivo. Essa riconosce le particolari fragilità ed esposizione agli effetti dei cambiamenti climatici del territorio alpino, la contestuale presenza di settori economici responsabili di emissioni di gas a effetto serra, esorta le Parti ad assegnare una speciale priorità all'area alpina nelle rispettive strategie e piani climatici (come avviene in Italia nella Strategia e nel Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici) e incarica i Gruppi di lavoro e gli altri organi della Convenzione di contribuire all'attuazione degli Obiettivi Climatici.

GLI STRUMENTI INTERNAZIONALI DI POLITICA CLIMATICA ALPINA PER IL SETTORE FORESTALE

Operativamente, con le [Linee Guida per l'adattamento locale ai cambiamenti climatici nelle Alpi](#) (Ballarin Denti et al., 2014), promosse dalla Presidenza italiana della Convenzione, viene fornito un orientamento al settore privato e alle amministrazioni locali intenzionate ad

intraprendere percorsi di adattamento. Redatte in base all'analisi degli andamenti climatici registrati e previsti in area alpina, tali Linee Guida forniscono una solida panoramica su impatti, obiettivi e misure per l'adattamento nei settori di spicco dell'area, in linea con i contenuti della Convenzione delle Alpi e dei suoi Protocolli. Esse rappresentano uno strumento per la scelta di misure di adattamento e sviluppo sostenibile nei territori alpini a livello regionale e sub-regionale alpino. Esse sono adottate principalmente da comuni, gruppi di comuni e comunità montane nelle scelte di adattamento, introducendo criteri per l'analisi delle politiche pertinenti; nelle valutazioni di impatto, vulnerabilità e rischio; nel pianificare, sviluppare e classificare le opzioni di adattamento e la loro attuazione; nel monitoraggio settoriale.

Il Sistema Alpino di Obiettivi Climatici al 2050 ([PSAC, 2019a](#)), come già introdotto, si pone come finalità principali la neutralità e la resilienza climatica complessiva delle Alpi. Tali obiettivi possono essere perseguiti efficacemente su un'area sovranazionale attraverso un coordinamento tra politiche e scelte di pianificazione da parte dei Paesi alpini e degli altri enti territoriali sub-nazionali con funzioni di governance territoriale (come regioni, province, comuni). I [41 obiettivi climatici](#) sono connessi al territorio alpino su due livelli: uno politico-istituzionale, per affinità con i titoli dei Protocolli e con le funzioni degli organi istituzionali della Convenzione; uno fisico-sociale, in coerenza con le caratteristiche geografiche, ambientali e socio-economiche del territorio. Gli obiettivi si articolano in dieci settori tematici e due trasversali (Azione locale e Ricerca e sviluppo), comprendono aspetti di mitigazione e di

PNACC (Foreste)	LGALCCA (Foreste montane)
1. Alterazioni dei tassi di crescita e della produttività	a. Aumento del tasso di crescita delle foreste (già osservato in Europa, con un ruolo svolto anche dalla diminuzione della pressione)
2. Allungamento della stagione vegetativa	
3. Espansione di specie aliene legnose ed erbacee	b. Avanzamento altitudinale e latitudinale della linea del bosco e spostamento nella distribuzione delle specie (già osservato in Europa)
4. Contrazione delle aree a conifere, latifoglie boschi misti e produttivi, vegetazione sclerofilla	
5. Riduzione del numero di specie arboree e variazioni nella composizione dei boschi	
6. Possibile incremento della pericolosità di incendi boschivi e allungamento della stagione degli incendi	c. Stabilità compromessa da eventi estremi (raffiche di vento, periodi di siccità, incendi boschivi, alluvioni, valanghe)
	d. Ulteriore aumento di parassiti e malattie, dovuti alle condizioni di cambiamento climatico che pongono la salute degli alberi sotto stress
7. Riduzione della capacità di protezione dei terreni dal rischio idrologico	

Tabella 1. Confronto impatti tra settore “foreste” del PNACC e settore “foreste montane” delle Linee Guida alpine (da Progetto “Adattamento locale ai cambiamenti climatici nelle Alpi: applicare la Carta di Budoia, 2019).

adattamento e sono allineati sia alle politiche sovraordinate sia a strategie e piani nazionali e regionali, ove presenti ([PSAC, 2019a](#)).

Coordinata dalla Piattaforma Pericoli Naturali della Convenzione delle Alpi e dedicata alla governance del rischio nell’ambito dei pericoli naturali ([PSAC, 2019c](#)), la [VII Relazione sullo stato delle Alpi](#) propone un’analisi dello *status quo* e raccomandazioni per il miglioramento della governance del rischio in caso di pericoli naturali, riconosce la connessione tra pericoli naturali e cambiamenti climatici e indica in questi un fattore determinante della variabilità delle zone di pericolo nel territorio alpino. Dopo una disamina dei pericoli naturali e degli strumenti per la loro gestione (tra cui le foreste di protezione), la Relazione elabora raccomandazioni intese a consolidare la governance del rischio come

metodo operativo da applicare sul territorio, a favorire misure di prevenzione dei pericoli, ad integrare le soluzioni gestionali locali e ad incentivare la partecipazione alla messa a punto di sistemi di protezione e prevenzione.

Dal 2016 al 2019, il Gruppo di Lavoro “Foreste montane” ha analizzato le foreste di protezione alpine individuandone le funzioni, i criteri nazionali di delimitazione, la loro diffusione nei Paesi alpini e la relazione tra gestione forestale e funzione protettiva. Tra il 2019 ed il 2020, il Gruppo di lavoro “Foreste montane e agricoltura di montagna” ha contribuito a individuare pratiche forestali in linea con gli obiettivi climatici di mitigazione e adattamento, del Sistema Alpino di Obiettivi attraverso *pathway* settoriali e del *Green Economy Action Programme* ([PSAC, 2019b](#)) mediante esempi di attuazione.

LA GOVERNANCE DELLE RISORSE FORESTALI NELLE ALPI

Un caso di governance settoriale è l'attuazione delle Linee Guida per l'adattamento locale nelle Alpi attraverso il Progetto “[Adattamento locale ai cambiamenti climatici nelle Alpi: applicare la Carta di Budoia](#)” (2019). La [Carta di Budoia](#), nata su iniziativa dell'Italia e della Rete dei Comuni “Alleanza nelle Alpi” (2017), è una dichiarazione volontaria dedicata a comuni o loro gruppi, con l'obiettivo di adottare e attuare misure di adattamento sub-regionali sul territorio alpino. Il progetto ha elaborato una procedura modulare fondata su indicatori quantitativi e qualitativi volti a definire un sistema di supporto ai processi decisionali sub-regionali in merito a politiche e misure di adattamento (Junier e Mostert, 2014). Il procedimento si articola in tre fasi:

- 1) ricognizione e valutazione dello status quo delle attività in corso sull'adattamento ai cambiamenti climatici in cinque aree pilota;
- 2) valutazione della coerenza delle azioni avviate con gli obiettivi attesi dalle attuali politiche regionali, nazionali e sovranazionali in tema di adattamento;
- 3) identificazione di azioni specifiche e di eventuali modifiche da apportare agli strumenti di pianificazione territoriale per integrare in modo efficiente l'adattamento nelle politiche locali.

La metodologia prevede il confronto e l'armonizzazione tra impatti e obiettivi di adattamento delle Linee Guida alpine, del Piano Nazionale di Adattamento ([MATTM, 2017](#)) e della [Strategia Regionale lombarda](#) (2014). Il procedimento di selezione è stato condotto per tutti i settori di rilievo per l'area alpina, tra cui le foreste (Cetara et al., 2020). Sono stati confrontati gli impatti climatici individuati tra il

livello territoriale internazionale e quello nazionale e con il livello regionale per ogni settore (in Tabella 1, il caso delle foreste).

In seguito, sulla base degli impatti selezionati, si sono confrontati (Cetara et al., 2020) gli obiettivi di adattamento nel Piano Nazionale e nelle Linee Guida, individuando una lista armonizzata di obiettivi, per ciascuno dei quali sono state estrapolate dal Piano Nazionale, le rispettive azioni e misure (in Tabella 2 il caso delle foreste).

FORESTE DI PROTEZIONE

Le aree montane per caratteristiche geologiche e geomorfologiche sono fortemente interessate da pericoli naturali (fenomeni valanghivi, frane da crollo di materiale roccioso, fenomeni erosivi, elevata pericolosità geologico-idraulica da eventi franosi/ alluvionali o per l'interazione tra questi, come nel caso delle colate detritiche). Nelle Alpi, l'elevata densità abitativa e le infrastrutture presenti interagiscono con i pericoli naturali, aumentando la vulnerabilità e quindi la pericolosità di molte aree. Le foreste di protezione costituiscono un esempio di utilizzo di interventi naturalistici per ridurre o mitigare alcuni pericoli naturali, in grado di generare congiuntamente servizi eco-sistemici co-beneficiali rispetto alla mitigazione del rischio. La Convenzione delle Alpi richiama la necessità di adottare misure adeguate nell'ambito della pianificazione territoriale “tenendo in particolare considerazione i rischi naturali” e richiede alle Parti di conservare la funzione protettiva delle foreste montane ([art. 2 della Convenzione Quadro](#)).

Nonostante la funzione di protezione delle foreste sia riconosciuta in tutti i Paesi Alpini e la loro diffusione ampia ([PSAC, 2019a; 2019c](#)), permangono definizioni e criteri difformi di

Promuovere e rafforzare azioni legate alla ricerca, educazione e formazione	
FO001 Armonizzazione delle informazioni e dei dati esistenti	FO002 Aumento del livello delle conoscenze e di scambio delle informazioni
FO003 Aumento del livello delle conoscenze e di scambio delle informazioni	FO033 Supporto alla fruizione del settore forestale
FO034 Supporto allo sviluppo economico del settore forestale	
Aumentare la resilienza nel settore forestale e il mantenimento dei servizi ecosistemici promuovendo la pianificazione e la gestione forestale sostenibile	
FO018 Imboschimenti e rimboschimenti	FO019 Impianti di arboricoltura
FO020 Impianto e mantenimento di sistemi agroforestali	FO022 Lotta biologica per la prevenzione e contrasto delle fitopatie
FO023 Manutenzione dei boschi per garantire la sicurezza idrogeologica	FO024 Miglioramento dell'efficienza ecologica degli ecosistemi forestali
Favorire e sostenere le soluzioni basate sui servizi ecosistemici	
FO004 Aumento del valore naturalistico degli ecosistemi forestali	FO005 Aumento della connettività territoriale
FO006 Aumento della connettività territoriale	
Tutelare e conservare la biodiversità e aumentare la resilienza nel settore forestale	
FO008 Conservazione delle risorse genetiche	FO009 Gestione delle aree protette
FO017 Gestione selviculturale attiva per la tutela e conservazione della biodiversità	FO021 Infrastrutture di protezione per la tutela e conservazione della biodiversità
Aumentare la resilienza a fattori di disturbo quali incendi, insetti e malattie per proteggere la biodiversità e mantenere la produttività forestale	
FO010 Gestione forestale attiva per aumentare la resilienza e la prevenzione di incendi e altri pericoli naturali	FO011 Gestione forestale attiva per aumentare la resilienza e la prevenzione di incendi e altri pericoli naturali
FO012 Gestione forestale attiva per aumentare la resilienza e la prevenzione di incendi e altri pericoli naturali	FO013 Gestione forestale attiva per aumentare la resilienza e la prevenzione di incendi e altri pericoli naturali
FO014 Interventi per la realizzazione di infrastrutture di protezione contro gli incendi boschivi	FO015 Gestione forestale per la prevenzione di incendi boschivi e altri pericoli naturali
FO029 Restauro e ripristino delle foreste danneggiate da incendi, calamità naturali ed eventi catastrofici	FO031 Sistemi di monitoraggio contro incendi boschivi e avversità fitopatologiche e parassitarie
FO032 Sistemi di monitoraggio e di comunicazione contro incendi boschivi e avversità fitopatologiche e parassitarie	
Promuovere l'uso sostenibile ed efficiente delle risorse forestali attraverso l'adeguamento e miglioramento di impianti e infrastrutture	
FO025 Modernizzazione e meccanizzazione ad alta efficienza ambientale per un uso sostenibile ed efficiente delle risorse forestali	FO026 Modernizzazione e meccanizzazione ad alta efficienza ambientale per un uso sostenibile ed efficiente delle risorse forestali
FO035 Utilizzo appropriato di biomasse forestali per la produzione energetica	
Promuovere la pianificazione forestale, anche in ottica di prevenzione e gestione dei rischi, e la semplificazione e armonizzazione della normativa e programmazione in ambito forestale	
FO007 Certificazione della gestione forestale	FO016 Prevenzione e gestione dei rischi
FO028 Pianificazione forestale specifica	FO030 Semplificazione delle procedure attraverso l'armonizzazione della normativa e degli atti di programmazione

Tabella 2. Azioni/misure del PNACC, settore “foreste” (da Progetto “Adattamento locale ai cambiamenti climatici nelle Alpi: applicare la Carta di Budoia, 2019).

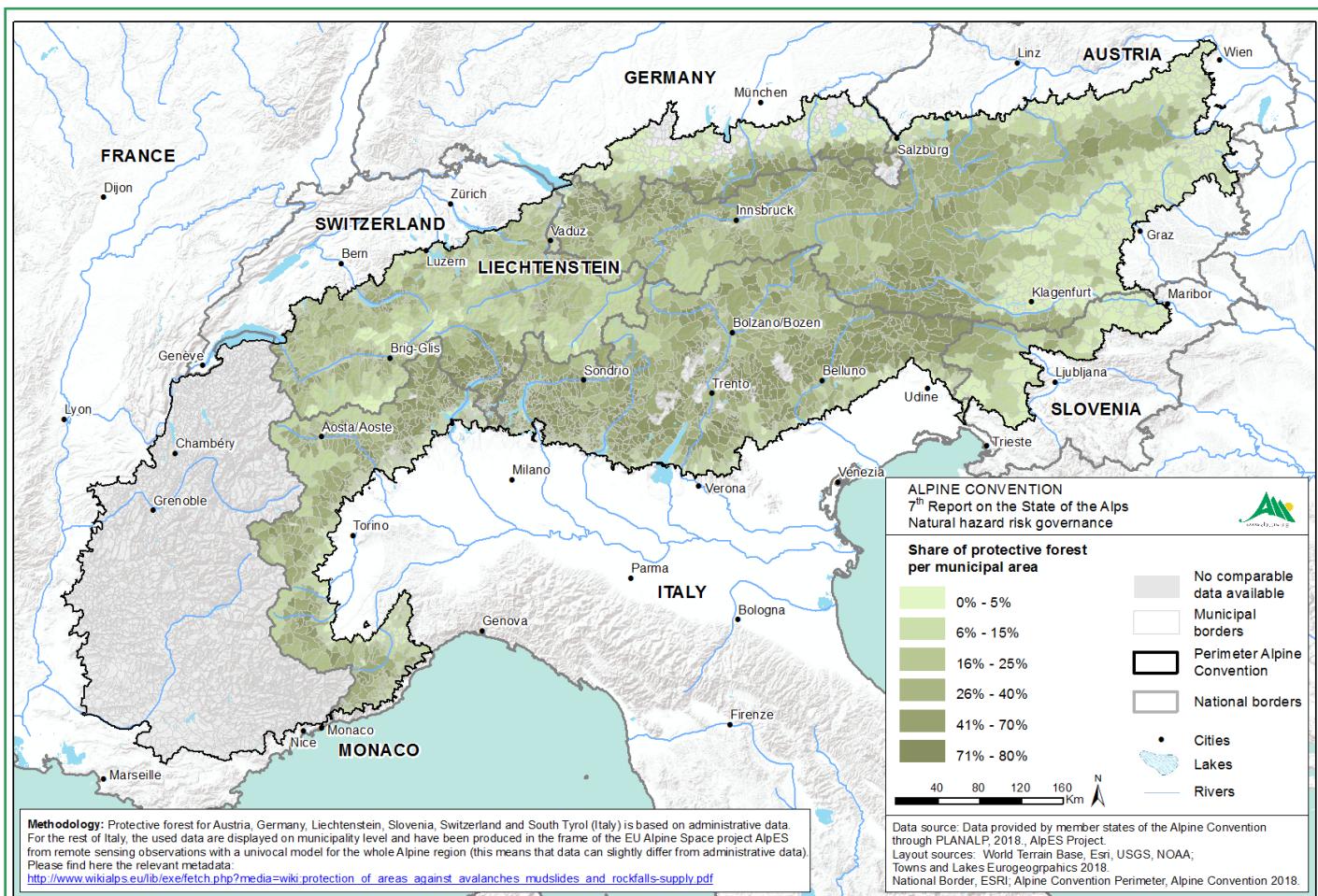


Figura 1. Distribuzione foreste di protezione nei Comuni alpini (dati da PLANALP, AlpES project; Autore: Agenzia federale per l'ambiente, Austria, 2018).

identificazione di tale funzione che rendono impossibile istruire un confronto su basi omogenee ([PSAC, 2019a](#)).

In molti Paesi alpini, le foreste di protezione sono distinte in due categorie, in base al loro oggetto di protezione:

- 1) le foreste *a protezione di oggetti* mirano a proteggere da pericoli naturali precisi elementi a elevata vulnerabilità (insediamenti umani, vie di comunicazione, infrastrutture);
- 2) le foreste *a protezione di siti* mirano a preservare le caratteristiche ecologiche dei suoli ai limiti superiore e inferiore del bosco, dove la rigenerazione è problematica e lo sfruttamento economico difficile o impossibile, e consentito

solo a specifiche condizioni. L'efficacia della funzione protettiva può essere garantita quindi, attraverso una gestione forestale sostenibile che integri nella componente ambientale già presente, azioni e interventi mirati, in attuazione di specifici piani o strumenti equivalenti di gestione ([PSAC, 2019a](#)).

Riconoscendo la complessità della funzione protettiva delle foreste, dal 2008 la Provincia Autonoma di Bolzano ha elaborato mappe di localizzazione di tale funzione rispetto a specifici pericoli naturali anticipando quanto previsto a livello nazionale dal [d.lgs. 34/2018 “Testo unico in materia forestale e delle filiere forestali”](#).

Attraverso un'analisi multilivello delle diverse

componenti fisiche delle foreste e del territorio, sono state quindi classificate, individuate e mappate (GIS) diverse tipologie di foreste di protezione, in modo da fornire uno strumento aggiuntivo per la corretta realizzazione e pianificazione degli interventi di conservazione e gestione forestale, che non possono prescindere da un livello approfondito di conoscenza dei processi ecologici e protettivi ([PSAC, 2019a](#)).

Con riferimento alle capacità di assorbimento di CO₂ delle foreste e di riduzione delle emissioni da parte delle filiere forestali e del legno regionali, le indicazioni emerse nel processo di governance forestale alpina si allineano sia con il secondo pilastro del “Piano di Azione di Rovaniemi” per il settore forestale, relativo al contributo, in un contesto di green economy, delle foreste e del settore a mitigazione (sequestro, stoccaggio e sostituzione) e adattamento ai cambiamenti climatici ([UNECE/FAO, 2014](#)), sia con la classificazione della “VI Relazione sullo stato delle Alpi” secondo cui una “green economy alpina” si realizza anche attraverso l’applicazione dei principi di efficienza energetica e basse emissioni di CO₂ ([PSAC, 2017](#)).

Nelle Alpi esistono diverse esperienze che uniscono il sequestro efficace di CO₂ da parte delle foreste e della loro gestione, alla sostenibilità economica della filiera produttiva, come mostra [uno studio realizzato in Austria](#) sugli scenari alternativi di uso “a cascata” del legno nel lungo periodo (2100). In tale studio è stato stimato che l’uso produttivo della risorsa generi un bilancio di CO₂ molto favorevole per l’effetto additivo dello stoccaggio in prodotti finiti e strutturali di filiera che si somma allo stoccaggio in foresta, migliorato con una gestione sostenibile. L’uso a cascata è basato sul principio di conseguire con la minor

quantità possibile di materiale legnoso il suo miglior utilizzo. In termini economici, la transizione a un’economia circolare consente di privilegiare l’uso del legno e il riuso degli scarti nel settore delle costruzioni e manifatturiero, limitando la combustione del legno alla sostituzione di combustibili fossili a maggiore fattore emissivo ([PSAC, 2019a](#)). Uno studio per le montagne europee ([Whitaker et al., 2017](#)) ha evidenziato che la filiera del legno richiede, oltre alla produzione primaria, tecniche idonee e strumenti di mercato di sostegno alla reimmissione degli scarti e dei prodotti al termine del loro ciclo di vita in filiere produttive ed energetiche. Inoltre, l’accresciuta multifunzionalità degli ecosistemi facilita la sostenibilità di un modello circolare nel settore (*ibidem*).

Nelle politiche climatiche, l’uso di “percorsi di attuazione” (*implementation pathways*) permette di individuare politiche in grado di fornire un importante supporto ai processi di governance in condizioni di incertezza e complessità intertemporale. Le azioni proposte nei “percorsi” possono includere risposte che considerino i cambiamenti attuali e attesi, la vulnerabilità, la percezione del rischio, la risoluzione di conflitti e la capacità delle azioni umane di modificarne gli esiti ([Denton et al., 2014](#)).

L’adattamento e la mitigazione dei cambiamenti climatici sono processi dinamici che richiedono tempi medio-lunghi soggetti a un significativo grado di incertezza, a cui l’approccio dei “percorsi di attuazione” intende fornire una risposta. Dati gli scenari climatici di riferimento, i “percorsi” indicano le opzioni preferibili sogrette a determinate condizioni e in quali intervalli di tempo tali condizioni possano verificarsi. La composizione di una serie di “percorsi” tematici o

Codice	Nome	Descrizione
T_Fo1	Pieno sfruttamento del potenziale delle foreste montane di protezione	La funzione protettiva delle foreste montane è mantenuta, recuperata e migliorata compreso l'adattamento degli ecosistemi forestali ai cambiamenti climatici attraverso una pianificazione forestale adattativa sostenibile.
T_Fo2	Foreste montane come sink biosferico	L'adattamento delle foreste montane ai cambiamenti climatici mira a mantenerne la funzione positiva per il clima locale e a proteggere o, se possibile, intensificare il loro ruolo di sink biosferico.
T_Fo3	Conversione accelerata delle foreste	È realizzata la conversione degli ecosistemi forestali in foreste naturali utilizzando specie forestali endemiche adattate ai cambiamenti climatici.
T_Fo4	Gestione forestale sostenibile nelle Alpi	È pienamente attuata una gestione forestale prioritaria al fine di bilanciare i diversi usi regionali a fronte delle mutanti condizioni climatiche (legno come base per prodotti lignei, biomassa, prodotti diversi dal legno come resine, ecc.), supportata da un efficace sistema di monitoraggio delle condizioni di salute delle foreste montane. La priorità è attribuita alla fabbricazione di prodotti lignei durevoli.

Tabella 3. Obiettivi per il settore “foreste montane” del Sistema Alpino di Obiettivi Climatici 2050 (da Segretariato Permanente della Convenzione delle Alpi, 2019).

settoriali dà luogo a una "mappa dei percorsi" (Wise et al., 2014). L'individuazione di "percorsi" è un approccio analitico (Haasnoot et al., 2013) alla politica climatica, che interpreta la gestione dei rischi climatici come una strategia decisionale basata su una sequenza di interventi da realizzare nel tempo, ciascuno innescato da mutamenti delle condizioni climatiche o socioeconomiche dell'area geografica o del settore di riferimento. I diversi percorsi possono sovrapporsi o alternarsi al verificarsi di tali condizioni, che possono costituire "punti di non ritorno". È altresì ammissibile abbandonare un percorso a favore di un altro, in caso di risultati non soddisfacenti o non più in linea con nuovi obiettivi. L'approccio prevede la possibilità di formulare diverse combinazioni di azioni in funzione delle condizioni al contorno che si potrebbero verificare.

Nel caso delle Alpi, tutti i "percorsi di attuazione" sono stati sviluppati con un approccio che ha coinvolto esperti, stakeholder e gruppi di lavoro tematici della Convenzione delle Alpi e ha condotto a individuare trenta "percorsi" di

attuazione relativi a ciascuno degli obiettivi del Sistema Alpino di Obiettivi Climatici 2050 ([PSAC, 2019a](#)). Nel formulare tali percorsi si è tenuto conto dei target alpini di mitigazione e adattamento e delle misure regionali, nazionali e transnazionali in corso di attuazione nei Paesi coinvolti. Tra essi, sedici percorsi prioritari, selezionati in base a quattro criteri (rilevanza a livello alpino e connessione diretta con la Convenzione delle Alpi; carattere trasformativo; rilevanza politica a breve termine; fattibilità di un'attuazione a breve termine), sono confluiti nel [Piano d'azione per il Clima 2.0 della Convenzione delle Alpi](#) approvato a dicembre 2020 (Tabella 3).

CONCLUSIONI

La Convenzione delle Alpi negli ultimi anni ha assegnato al clima un ruolo primario nei propri lavori, in linea con l'approccio intersetoriale del Sistema Alpino per gli Obiettivi climatici. In conclusione, si presentano le quattro ipotesi di "percorsi di attuazione" in attuazione degli "Obiettivi climatici per il settore forestale",

attraverso cui il Gruppo di lavoro Foreste e agricoltura di montagna sta delineando un futuro sistema di azioni coordinate per una [gestione forestale climaticamente neutrale e resiliente](#) al 2030.

1. Nelle Alpi si riconosce da tempo il ruolo delle foreste di protezione, censite nella maggior parte dei Paesi (benché secondo criteri difformi) ([WG Mountain Forests, 2019](#)), ai fini della mitigazione dei rischi generati dai pericoli naturali, specialmente a salvaguardia dei beni immobili e della loro qualità di vita delle comunità insediate in zone montane e di fondovalle ([WG Mountain Forests, 2016](#); [PSAC, 2019c](#)). La “massa critica” di tale servizio ecosistemico per il territorio alpino non è stata oggetto di calcolo, anche per le difficoltà intrinseche alla disomogeneità dei criteri regionali di valutazione del servizio ([WG Mountain Forests, 2019](#)). Tuttavia, le esperienze locali nell’arco alpino forniscono spunti meritevoli di essere sintetizzati in uno schema complessivo per le Alpi, che permetta il monitoraggio multidimensionale del servizio di protezione e l’individuazione di indicazioni operative per la governance dello stesso in tutto l’arco alpino. Questo obiettivo per essere raggiunto richiede l’attuazione di alcune azioni costitutive di un nuovo “percorso”: 1) definizione di criteri omogenei di mappatura delle foreste di protezione e dei potenziali bersagli, compreso un metodo di valutazione economica del servizio fornito dalle foreste di protezione; 2) valutazione delle strategie e delle scelte di gestione delle foreste esistenti e degli impatti delle stesse sulla funzione di protezione e in generale sui servizi ecosistemici forestali, con particolare riferimento all’azione

di mitigazione e adattamento; 3) definizione di uno schema unitario per la pianificazione e il monitoraggio delle foreste alpine di protezione. Organi e gruppi di lavoro della Convenzione delle Alpi sarebbero idonei sia al coordinamento per la messa a punto sia alla promozione di schemi e metodi congiunti da applicare in modo omogeneo alle foreste alpine.

2. Si è già richiamata la difficoltà di fornire una stima credibile della funzione di stoccaggio del carbonio da parte delle foreste alpine, benché tale funzione sia ampiamente riconosciuta come primaria per la regione alpina per l’estensione della copertura e l’accrescimento della biomassa forestale ([Angelini e Reiterer, 2015](#)). Inoltre, un uso sistematico delle conoscenze sui sistemi di gestione forestale in grado di incrementare la capacità di stoccaggio di CO₂ negli ecosistemi forestali sulla base di tipologia, localizzazione e altre variabili, permetterebbe di assegnare priorità agli interventi selvicolturali sulle formazioni forestali che diano risultati più efficaci e efficienti nello stoccaggio di CO₂ o in grado di generare incrementi più significativi del servizio. A questo fine è possibile individuare quattro azioni in questo “percorso”: (1) classificazione per tipologia, struttura ed età e mappatura (GIS) dei popolamenti forestali basata sulla loro capacità di assorbimento per un successivo intervento finalizzato a un incremento delle prestazioni di stoccaggio; (2) stesura di un inventario dei metodi di calcolo dell’assorbimento della CO₂ e delle tecniche di gestione forestale finalizzate a generare un incremento degli assorbimenti; (3) definizione di obiettivi specifici di gestione forestale

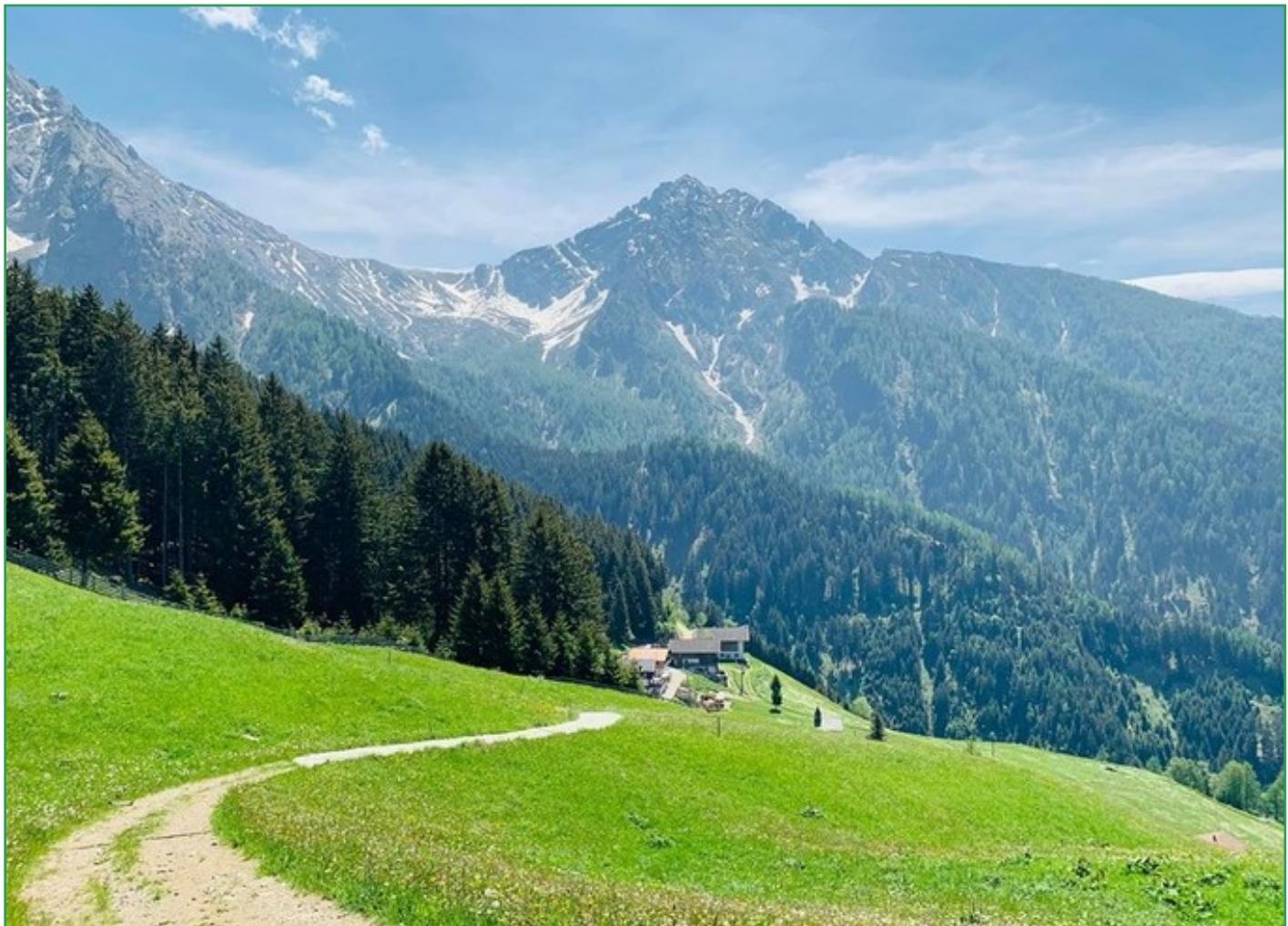


Figura 2. Foresta di protezione: Provincia autonoma di Bolzano (Maurizio Gretter, Eurac Research ©).

sostenibile e produzione di legno nelle Alpi in linea con la [normativa europea relativa al settore forestale](#); (4) adozione di strumenti per conseguire obiettivi specifici definiti allo step precedente per le Alpi.

3. Sulla gestione forestale orientata alla resilienza degli ecosistemi forestali, si è promosso un confronto sulla conservazione o adeguamento della composizione forestale in funzione dell'adattamento agli effetti dei cambiamenti climatici. Ciò richiederebbe un “percorso” articolato in tre direzioni: 1) elaborazione di scenari di evoluzione degli ecosistemi forestali in linea con le proiezioni climatiche regionali e

locali (specialmente per tipi e classi di età); 2) elaborazione di linee guida su strumenti e tecniche di gestione forestale in grado di incrementare la resilienza degli ecosistemi forestali agli impatti dei cambiamenti climatici; 3) test di schemi di pagamento per i servizi ecosistemici (PES) a favore di sistemi forestali composti da specie endemiche e resilienti (da individuare modi e fonti di copertura finanziaria). La Convenzione delle Alpi potrebbe monitorare le iniziative regionali, condividerne gli esiti pubblicamente e contribuire, attraverso gli organi tecnici, all'individuazione di tecniche gestionali, PES e

fonti di finanziamento.

4. Si ritiene che una gestione forestale e sostenibile contribuisca sia al conseguimento degli obiettivi climatici di mitigazione nelle Alpi sia a migliorare la diversità di specie e strutture forestali. A questo fine si propongono diverse azioni da realizzare per le foreste montane considerando le differenze locali, il cui obiettivo è la diffusione e della gestione forestale sostenibile. Ciò richiederebbe quattro tipologie di interventi qualificabili nel complesso come “percorsi”: 1) pratiche di gestione forestale che generino vantaggi climatici e altri benefici concomitanti (biodiversità, funzione produttiva e di protezione); 2) coordinamento delle competenze agronomiche e forestali attraverso le associazioni professionali nei Paesi e nelle regioni alpine; 3) osservatorio sulla genetica, la salute e la produttività delle foreste relativamente a diversi servizi ecosistemici (come lo stoccaggio di CO₂, la funzione protettiva, la produzione di legname); 4) studio di un sistema di incentivi di mercato e non per la promozione dell’uso regionale del legno nei settori delle costruzioni, dell’arredamento, delle energie rinnovabili, etc. Nella transizione, la Convenzione delle Alpi fungerebbe da strumento di governance: consentirebbe di fornire un riferimento unitario alle competenze regionali e nazionali coinvolte; condividendo i risultati conseguiti in siti differenti; e riportando i risultati dei test relativi a pratiche di gestione e strumenti di incentivo applicati in aree diverse.

BIBLIOGRAFIA

Angelini P., Reiterer M., 2015. [The Statement On the Value of Alpine Forests and the Alpine Convention's Protocol on Mountain Forests in the framework of the international forestry policies beyond 2015](#). Permanent Secretariat of the Alpine Convention, Innsbruck.

Ballarin Denti A., Cetara L., Idone M. T., Bianchini A., Bisello A., Petitta M., ... & Zebisch M., 2014. [Guidelines for climate change adaption at the local level in the Alps, Italian presidency of the Alpine Convention](#). Permanent Secretariat of the Alpine Convention, Innsbruck.

Cetara L., Pregnolato M., La Malva P., 2020. *Governing and planning local climate change adaptation in the Alps*. In: Bisello A., Vettorato D., (eds.), 2019. Smart and Sustainable Planning for Cities and Regions SSPCR. Springer, Utrecht.

Denton F., Wilbanks T.J., Abeysinghe A.C., Burton I., Gao Q., Lemos M.C., Masui T., O’Brien K.L., and Warner K., 2014. [Climate-resilient pathways: adaptation, mitigation, and sustainable development](#). In: Field C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, Mach K.J., Mastrandrea M.D., T.E. Bilir, ..., and White L.L. (eds.), 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: 1101-1131.

Haasnoot M., Kwakkel J.H., Walker W.E., ter Maat J., 2013. [Dynamic adaptive policy pathways: a method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world](#). Glob Environ Chang 23(2):485–498.

INFC, 2005. [Inventario Nazionale delle Foreste e dei](#)

Serbatoi Forestali di Carbonio. Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, Ispettorato Generale.
Corpo Forestale dello Stato. CRA Unità di Ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione forestale.

Jandl R., Cerbu G., Hanewinkel M., Berger F., Gerosa G., Schuler S., 2013. Management Strategies to Adapt Alpine Space Forests to Climate Change Risks – An Introduction to the Manfred Project. Management Strategies to Adapt Alpine Space Forests to Climate Change Risks. InTech, 1-12.

Junier S.J., Mostert E., 2014. A decision support system for the implementation of the Water Framework Directive in the Netherlands: Process, validity and useful information. Environmental science & policy 40: 49-56.

MATTM Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (a cura di), 2007. Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici PNACC (prima stesura per la consultazione pubblica). Roma.

PSAC, 2017. Greening the Economy in the Alpine region. Report on the state of the Alps. Permanent Secretariat of the Alpine Convention, Innsbruck.

PSAC, 2019a. Il Sistema di Obiettivi Alpini per il Clima 2050. Segretariato Permanente della Convenzione delle Alpi, Innsbruck.

PSAC, 2019b. Action Programme for a Green Economy in the Alpine Region. Permanent Secretariat of the Alpine Convention, Innsbruck.

PSAC, 2019c. Natural Hazard Risk Governance. Report on the state of the Alps. Permanente Secretariat of the Alpine Convention. Alpine Signals – Special Edition 7. Innsbruck.

PSAC, 2019d. Synthesis report Stock-taking as basis for defining activities of the Alpine Climate Board

(2017, aggiornato nel 2019).

UNECE/FAO Forestry and Timber Section, 2014. Rovaniemi Action Plan for the Forest Sector in a Green Economy. Geneva Timber and Forest study, paper 35, Geneva.

UNEP, 2011. Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication - A Synthesis for Policy Makers. www.unep.org/greenconomy

WG Mountain Forests - Working Group Mountain Forests of the Alpine Convention, 2016. Interactions between mountain forests and flood protection. Innsbruck.

WG Mountain Forests - Working Group Mountain Forests of the Alpine Convention, 2019. The protective function of Alpine mountain forests. Innsbruck.

Whitaker S., Clotteau M., Andonovski V., Azevedo J., Egger T., 2017. Innovation and Circular Economy in the Mountain Forest Supply Chain: How to close the loop? Euromontana, Brussels.

Wise, R. M., Fazey, I., Smith, M. S., Park, S. E., Eakin, H. C., Van Garderen, E. A., & Campbell, B., 2014. Reconceptualising adaptation to climate change as part of pathways of change and response. Global Environmental Change 28:325-336.

Zebisch M., Vaccaro R., Niedrist G., Schneiderbauer S., Streifeneder T., Weiß M., Troi A., Renner K., Pedoth L., Baumgartner B., Bergonzi V. (a cura di), 2018. Rapporto sul clima, Alto Adige 2018. Eurac Research, Bolzano, Italia.

FORESTAZIONE URBANA E SERVIZI ECOSISTEMICI, IL PROGETTO URBAN FORESTRY DELLA REGIONE PIEMONTE

[Giorgio Roberto Pelassa¹](#), [Fabio Petrella²](#)

¹ Regione Piemonte - Settore Progettazione Strategica e GreenEconomy

² IPLA S.p.A.

Abstract: Al fine di promuovere lo sviluppo del mercato volontario del carbonio e valorizzare i servizi ecosistemici in ambito urbano e suburbano, si è attivato con D.G.R. n. 24-4638 del 6/02/ 2017, il progetto Urban Forestry, finanziato dalla Regione Piemonte e sviluppato da IPLA S.p.A. con il supporto del CNR-IBE e del CREA e la collaborazione del Comune di Torino. La finalità del progetto è definire indirizzi e norme Regionali per la contabilizzazione dei Crediti di carbonio volontari derivanti dalla gestione del verde urbano, la quantificazione dei servizi ecosistemici, e la certificazione dei benefici ottenuti per attivare i Pagamenti per i Servizi Ecosistemici Ambientali previsti dalla L. 221/2015.

Parole chiave: mercato volontario del carbonio, PSEA, certificazioni ambientali, calcolo assorbimenti CO₂.

Urban Forestry and Ecosystem Services, the “Urban Forestry” project of the Piedmont Region

The "Urban Forestry" project, has been activated on 6th February 2017 with the approval of the D.G.R. n. 24-4638, in order to develop the voluntary carbon market and enhance the ecosystem services in urban and suburban areas. This project is funded by the Piedmont Region and developed by IPLA S.p.A. with the support of the CNR-IBE and CREA and the collaboration of the Municipality of Turin. The project goals are defining regional guidelines for the accounting of voluntary carbon credits coming from the management of urban green areas; achieving a more complete quantification of ecosystem services, providing certification of the benefits obtained in order to activate the Payments for Environmental Ecosystem Services provided for by Law 221/2015.

Key words: voluntary carbon market, PES, environmental certifications, CO₂ absorption calculations.

INTODUZIONE

Al fine di far fronte all'emergenza climatica globale (CIPE, 1998), la Regione Piemonte ha aderito a partire dal 2015 al protocollo di intesa tra i rappresentanti dei governi locali denominato "UNDER 2 MOU" (Subnational Global Climate Leadership Memorandum of Understanding). Il protocollo esplicita, con un chiaro riferimento, l'utilizzo di tecniche di gestione delle risorse naturali per sequestrare carbonio e nell'allegato

riferito al Piemonte indica, quale impegno specifico, l'attivazione di un mercato regionale del carbonio, individuato con apposito provvedimento amministrativo.

A livello nazionale è stata contestualmente approvata la Legge 221 del 2015 che contiene (art. 70 e 72) specifici riferimenti al sequestro del carbonio da parte degli ambienti naturali e forestali (Commissione EU, 2005) e alla possibilità di sviluppare un sistema di remunerazione del

servizio ecosistemico di assorbimento della CO₂, nonché la possibilità di scambiare crediti sull'apposito mercato. Successivamente, con l'approvazione del D.lgs. n.34 del 4 aprile 2018 "Testo unico in materia di Foreste e Filiere Forestali" (art. 2) è stata ribadita l'importanza della promozione delle attività finalizzate a incrementare il sequestro del carbonio e l'erogazione dei servizi ecosistemici (SE) e (art. 8) viene riconosciuto alle Regioni un ruolo attivo in tale attività.

Tali obiettivi sono ribaditi dal [Piano Forestale Regionale 2017-2027](#) approvato con [D.G.R. n. 8-4585 del 23.01.2017](#), che riconosce i SE forestali e l'importanza di attivare i Pagamenti per i Servizi Ecosistemici Ambientali (PSEA), definibili come meccanismi che cercano di trasformare i valori ambientali non di mercato in incentivi economici e finanziari per i proprietari e/o gestori degli ecosistemi, affinché agiscano per conservare o migliorare le funzionalità dei sistemi naturali. Gli indirizzi del Piano hanno trovato una prima applicazione con l'approvazione della [D.G.R. 6 febbraio 2017, n. 24-4638](#) "Disposizioni per lo sviluppo del mercato volontario dei crediti di carbonio da selvicoltura nella Regione Piemonte", che contengono gli indirizzi regionali per la contabilizzazione dei crediti di carbonio volontari derivanti da gestione forestale e avviano anche lo sviluppo delle valutazioni per valorizzare il contributo a tale mercato da parte del sistema del verde "non forestale" in ambito urbano e periurbano (infrastrutture verdi), ponendo le basi per l'avvio del progetto Urban Forestry. Infine con [D.G.R. n. 27-8492 del 1 marzo 2019](#), con la Regione ha aderito al Protocollo di Intesa tra la Città di Torino, la Città Metropolitana di Torino e il Comitato Nazionale per lo Sviluppo del Verde

Pubblico - MATTM, per lo sviluppo delle infrastrutture verdi e delle compensazioni ambientali. In tale ambito, è prevista la definizione di una Strategia di sviluppo e valorizzazione dell'infrastruttura verde e della foresta urbana e dei SE ad essi connessi.

L'ESPERIENZA "FORESTALE"

Il progetto Urban Forestry si è avvalso di un consolidato insieme di esperienze avviate sin dal 2007 in ambito prettamente forestale (CREA, 2014). L'Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente (IPLA), su incarico della Regione Piemonte, ha avviato, sulla base della più importante esperienza di Mercato Volontario Forestale del Carbonio e cioè il *progetto Life Carbomark* sviluppato nel Veneto (Progetto [LIFE07 ENV/IT/000388, 2007](#)), un'attività di monitoraggio pluriennale su impianti di arboricoltura da legno e su diverse tipologie di interventi selviculturali rappresentativi delle categorie forestali più diffuse. I dati di questo lavoro e di altre esperienze piemontesi sono stati elaborati da IPLA, insieme al DISAFA dell'Università di Torino e a un gruppo di lavoro di soggetti operanti sul territorio, per la redazione delle "Linee Guida per la generazione di Crediti di Carbonio volontari da gestione forestale" approvate poi dalla già citata DGR n. 24-4638 del 6.02.2017 (IPLA, 2017).

Tali Linee Guida, come detto, sono fondate su diversi ambiti progettuali tra cui un'importante esperienza maturata attraverso il *Progetto Forcredit*, a cura della Fondazione per l'Ambiente Teobaldo Fenoglio con lo Studio forestale Blanchard-Gallo, che ha promosso la redazione di Piani Forestali Aziendali (PFA) per la gestione sostenibile di proprietà boschive pubbliche e private in territorio piemontese, finalizzati anche alla

valorizzazione dei crediti di carbonio da impegni volontari quantificati, che sono stati successivamente certificati e commercializzati per un totale di 1.994 t di CO₂ nel primo quinquennio, di queste 1.912 t sono state vendute a 18€/t con 8 differenti convenzioni attuative. Altre quote sono disponibili alla vendita per i 15 anni di validità del PFA, per complessive 8.271 t.

Altre esperienze utili sono maturate anche con il PFT della Val Varaita ([Pierobon, 2013](#)) e con il Consorzio Forestale Alta Valle Susa (TO), con potenziali integrazioni derivanti dalla valutazione dei SE.

IL PROGETTO URBAN FORESTRY

Sulla base di tali esperienze, al fine di valutare l'opportunità di sviluppare il mercato volontario del carbonio e valorizzare i SE anche in ambito urbano e suburbano, si è attivato a partire dal 2018, il progetto triennale Urban Forestry, finanziato dalla Regione Piemonte e sviluppato da IPLA S.p.A. con il supporto del CNR-IBE e del CREA e la collaborazione del Comune di Torino. Il progetto, che si colloca tra le attività di attuazione del Protocollo di Intesa tra il MATTM, il Comitato per il Verde Pubblico, la Città di Torino, la Regione Piemonte e la Città Metropolitana di Torino, ha come finalità la definizione di linee guida di gestione del verde urbano che garantiscano l'incremento dell'assorbimento della CO₂ atmosferica. Con Urban Forestry tuttavia, sin dall'avvio dei lavori nel 2018, non ci si è limitati a valutare gli assorbimenti della CO₂, ma si è voluto, tenuto conto delle peculiari criticità dell'ambiente urbano, sviluppare in modo più ampio il concetto di SE.

Infatti, la metodologia di riferimento del progetto

è basata interamente sulla valutazione del potenziale di assorbimento di CO₂, O₃ e PM ad opera delle più importanti specie arboree presenti nel verde urbano, inizialmente della città di Torino. A tale scopo si utilizza il modello AirTREE che è basato sullo stato dell'arte dei modelli di scambio di gas e di polveri tra chioma e atmosfera (Fares et al., 2018). Si tratta di un modello *multilayer*, che accoppia i processi del suolo, della pianta e dell'atmosfera per stimare gli scambi di anidride carbonica, acqua, ozono e particolato (PM) tra le foglie e l'atmosfera. Tale modello è stato tarato per gli ecosistemi italiani e testato nelle aree forestali e del verde urbano nel Lazio.

Il modello è costituito da quattro diversi moduli:

- 1) un modello di bilancio energetico che determina la temperatura fogliare e i trasferimenti radiativi tra cinque strati della chioma, il suolo e l'atmosfera;
- 2) un modello idrico del suolo che analizza i meccanismi di percolazione e di evapotraspirazione, scendendo nel dettaglio dei trasferimenti di gas nel suolo a varie profondità, e fornisce la disponibilità idrica per la vegetazione; questo modulo non è stato attivato per carenza di informazioni, ipotizzando la massima disponibilità idrica per l'intero periodo considerato;
- 3) un modello di deposizione basato sul calcolo delle resistenze alla diffusione dei gas tra atmosfera e foglia, resistenza dello strato limite della foglia e resistenze della chioma;
- 4) un modello di fotosintesi per stimare la conduttanza stomatica che stima il carbonio stoccati dalla vegetazione; per carenza di informazioni riguardo la dendroauxometria delle specie esaminate è stata fissato uno stoccaggio di carbonio pari al 25%

dell'anidride carbonica fissata con la fotosintesi.

Il modello richiede un numero limitato di variabili di input per stimare gli scambi gassosi a livello di singola foglia e integrare i flussi attraverso i cinque layer in cui è suddivisa la chioma per ottenere il flusso totale.

Nell'estate 2019 il CREA ha condotto una campagna intensiva di rilevamenti fotografici (*digital emispheric photography*, DHP) e dendrometrici delle specie presenti nel parco al fine di integrare le misure già disponibili sugli alberi del parco del Valentino presenti nel database della vegetazione. Per ogni specie e classe diametrica è stata utilizzata la fotografia digitale emisferica, un metodo indiretto per la stima di attributi della chioma come il *Leaf Area Index* (LAI) e la trasmissione della luce attraverso la chioma invertendo la legge di estinzione luminosa di Beer Lambert. Confrontato ad altri metodi per la stima del LAI (es. LAI 2000), la fotografia emisferica ha il vantaggio di produrre fotografie che potranno essere nuovamente analizzate qualora vengano sviluppate nuove metodologie di analisi.

Lo staff del CREA ha pertanto raccolto materiale fotografico per un totale di 775 foto, effettuate in condizioni di luce diffusa (cielo completamente nuvoloso, mattina presto e pomeriggio tardi, eg.:

6:30-8, 18:30-20), con una macchina fotografica Nikon D3100 corredata da un obiettivo Nikon 18:55. Per ogni albero sono state acquisite 4 foto zenitali della chioma posizionando la macchina fotografica a breve distanza dal fusto (eg. 1 m) nelle 4 direzioni cardinali. Il LAI è stimato secondo la formula: $LAI = [-\log(GF)\cos(\theta)][\omega(\theta)G(\theta)]$.

Nel corso del 2019, a partire dai risultati delle elaborazioni modellistiche effettuate nel 2018 sulle specie arboree presenti su 3 aree pilota (piazza Benefica, corso San Martino e parco Michelotti) scelte in accordo con i tecnici del Settore Verde Pubblico della Città di Torino, sono stati fatti i confronti secondo quanto emerso dalle misure del LAI ed ulteriori rilievi dendrometrici al parco del Valentino. I dati ottenuti costituiscono la base per il bilancio del carbonio e la quantificazione di alcuni dei SE del verde urbano e possono essere già utilizzati per la certificazione dei servizi stessi all'interno delle aree pilota oggetto delle misure. Le misure sperimentali del LAI con relativi rilevamenti fotografici hanno reso possibile stimare, attraverso elaborazioni con il modello AirTREE, il sequestro di gas serra e di inquinanti (polveri e ozono) rappresentative dell'intero parco del Valentino e delle tre aree pilota precedentemente individuate del Parco Michelotti, dell'area verde di Piazza Benefica e dell'alberata di C.so S. Martino a Torino.

	C tot (kg)	O₃ tot (kg)	PM₁₀ tot (kg)	PM_{2,5} tot (kg)	PM₁ tot (kg)
Parco Valentino	22.638,9	66,4	342,0	52,0	9,2
Parco Michelotti	7.227,0	23,0	74,0	10,4	1,8
C.so S. Martino	4,1	4,1	5,8	0,8	0,1
Piazza Benefica	2,4	2,4	6,4	0,8	0,1

Tabella 1. Assorbimenti globali 2018 nelle 4 aree pilota - Carbonio, Ozono, Polveri (elaborazione degli Autori).

Specie	Classe media (cm)	C (kg/m ²)	classe
<i>Pinus nigra</i> var. austriaca	40	1,07	alta
<i>Ulmus pumila</i>	25	0,86	alta
<i>Quercus robur</i>	65	0,73	media
<i>Acer negundo</i>	45	0,72	media
<i>Acer platanoides</i>	50	0,70	media
<i>Platanus acerifolia</i>	110	0,68	media
<i>Acer saccharinum</i>	85	0,66	media
<i>Prunus cerasifera</i>	15	0,66	media
<i>Acer campestre</i>	45	0,65	media
<i>Pinus strobus</i>	55	0,61	media
<i>Carpinus betulus</i>	35	0,61	media
<i>Populus nigra</i> var. <i>italica</i>	70	0,60	media
<i>Fraxinus excelsior</i>	35	0,57	bassa
<i>Aesculus hippocastanum</i>	52	0,57	bassa
<i>Tilia europaea</i>	37	0,50	bassa
<i>Celtis australis</i>	83	0,32	bassa

Tabella 2. Valori e classi di assorbimento di CO₂ unitari per specie (elaborazione degli Autori).

Il Parco del Valentino assorbe 22,6 t/anno di carbonio, 60 kg/anno di ozono e 342 kg/anno di PM10, le misure effettuate su 69 specie arboree diverse e 1.649 individui complessivi dimostrano come il parco sia un assorbitore non solo di CO₂ ed inquinanti, ma anche un ecosistema ricco di biodiversità.

A titolo esemplificativo si fornisce il seguente calcolo: una utilitaria che percorre 15.000 km in un anno (valore medio di gas scaricato: 110g/km di CO₂), emette in tutto 1.650 kg di CO₂; il parco del Valentino assorbendo 22,6*3,67= 82,9t di CO₂/anno è in grado di compensare l'emissione annua di 50 utilitarie circa. Per quanto riguarda i particolati si stima che il parco ne assorba in quantità equivalente a quanto emettono 116 veicoli Euro 6.

Sulla base di questi dati si stanno inoltre definendo delle schede tecniche per ciascuna delle specie arboree oggetto di studio (le più diffuse sul territorio comunale della città di Torino), il cui utilizzo permetterà di gestire e progettare il verde con l'obbiettivo di migliorare i SE secondo criteri di sostenibilità, in base alle esigenze ed alle criticità ambientali peculiari del contesto urbano/periurbano. In quest'ottica sono in corso valutazioni ed approfondimenti tecnici finalizzati ad avviare ulteriori siti d'indagine per valutare i SE nell'ambito dei siti UNESCO della Regione Piemonte, oltre a quello avviato in collaborazione con il Consorzio della Residenze Reali Sabaude presso i giardini della Reggia di Venaria Reale.

Poiché tra le finalità del progetto vi è quella di attivare il mercato volontario del carbonio e

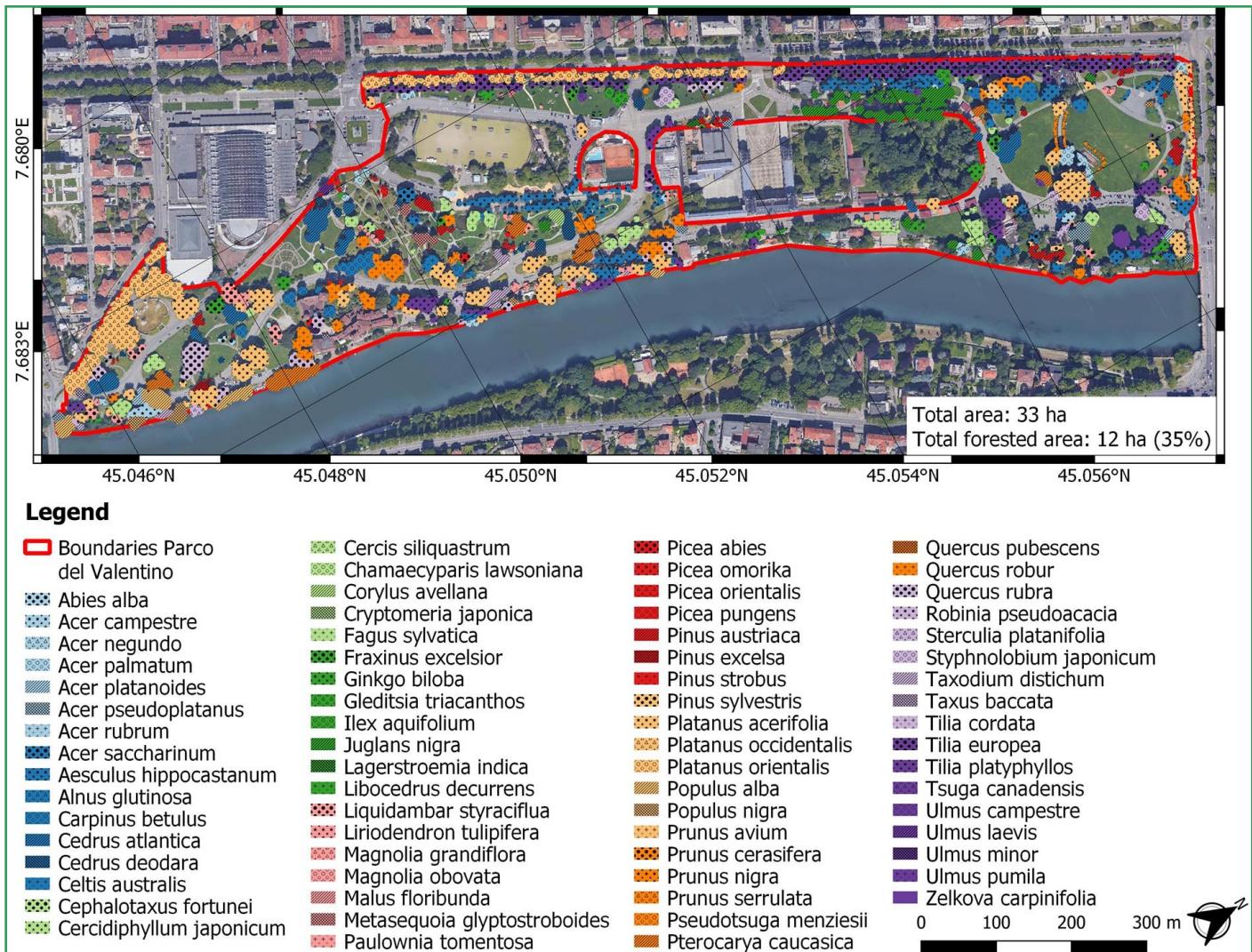


Figura 1. Parco del Valentino – l'area e le specie arboree oggetto di studio (Fares S. et al., 2020. ID: es-2020-047407.R3) .

contestualmente di rendere possibile il riconoscimento dei (PSEA) come previsto dalla L. 221 del 28.12.2015 art. 70, si è osservata la necessità di mettere a punto processi in grado di quantificare e certificare il valore dei SE attraverso standard o protocolli riconosciuti a livello nazionale ed internazionale.

Lo standard attualmente in vigore (FSC-STD-01-001 V5-2), adattato in Italia con FSC-STD-ITA-01-2017, si applica a tutti i popolamenti e le tipologie forestali che vogliono ottenere la certificazione FSC in Italia, compresi prodotti forestali non

legnosi (PFNL) e ai SE. Per questi ultimi lo standard contiene uno specifico allegato (allegato C) con requisiti aggiuntivi che possono essere utilizzati dal gestore forestale per la dichiarazione di dimostrazione di SE (CREA, 2018).

Tale standard è applicabile, oltre che in ambito forestale, nel verde urbano ma soltanto per la riforestazione, inoltre non fornisce un certificato spendibile nel mercato ufficiale del carbonio, in quanto non sono prodotte quote tipo VCS (Verified Carbon Standard). Per dare risposta a questa necessità e, quindi, definire procedure

complete per la certificazione del carbonio e dei SE, attraverso il progetto Urban Forestry sono stati aperti tavoli di discussione e lavoro con FSC (Forest Stewardship Council) e PEFC (Programme for Endorsement of Forest Certification).

Contestualmente a ciò, è stata formalizzata l'adesione della Regione Piemonte all'Ente Nazionale di Normazione (UNI) al fine di concorrere allo sviluppo di norme di *best practice* per la gestione sostenibile del verde urbano, in modo da creare protocolli di riferimento per generare quote commerciabili certificate basate sul miglioramento dell'efficienza dei SE urbani negli assorbimenti di CO₂ e inquinanti.

Per costruire un quadro più completo delle conoscenze e fornire una serie completa di

strumenti operativi, Urban Forestry prevede inoltre una specifica attività di elaborazione in ambiente GIS, finalizzata a produrre un primo livello cartografico in grado di rappresentare il servizio ecosistemico "stoccaggio carbonio" e di descriverne la variazione in caso di cambiamenti di destinazione d'uso; si tratta quindi di uno strumento in grado di monitorare gli effetti dei cambiamenti d'uso del suolo sulla capacità dei suoli di fornire SE con particolare riferimento agli stock di carbonio.

IL PARCO STURA, UN ESEMPIO DI RIFORESTAZIONE URBANA

Alle quattro aree rappresentative di diverse tipologie di verde urbano (arie ampie a parco e



Figura 2. Parco Stura, il sito dell'impianto di riforestazione (foto di D. Chiantore).

viali/piazze con verde limitato) sulle quali si è applicata la metodologia precedentemente descritta utilizzando il modello AirTREE, si è aggiunta un'ulteriore area ove si è realizzato un intervento di riforestazione urbana, basato su una progettazione autonoma, a cura dell'IPLA, denominata "Parco Stura" e finanziato da un soggetto privato, Fiat Powertrain (FPT). L'intervento di riqualificazione, inaugurato alla presenza del Ministro dell'Ambiente Sergio Costa lo scorso 5 giugno, si è sviluppato su 4 ettari, di cui 1,6 ettari di riforestazione con la messa a dimora di 1.000 piante di ben 32 specie tipiche dei boschi planiziali e ripari, e si è avvalso dell'ausilio di innovative tecniche di impianto, fra cui l'impiego di micorrize e l'utilizzo di 50 dispositivi di riserve d'acqua Cocoon®, oggetto di sperimentazione nell'ambito del [progetto LIFE The Green Link](#).

Le finalità di questo sottoprogetto servono ad integrare quanto sviluppato nelle altre aree pilota, utilizzando però un differente approccio e cioè andando a misurare gli incrementi di carbonio nel suolo e nella biomassa vegetale partendo da un momento 0, fissato prima dell'impianto.

La progettazione del "Parco Stura" mira a valutare anche altri SE, in particolare la conservazione della biodiversità, fornendo così, insieme ai dati di incremento del *carbon sink* ecosistemico, altri dati e criteri utili per concertare le procedure di certificazione ai tavoli precedentemente menzionati (Brotto, 2017).

Entrando nel merito delle operazioni progettuali di incremento della biodiversità, si è attuata un'attenta scelta delle specie autoctone da mettere a dimora e sono stati fatti interventi selvicolturali di riqualificazione del bosco spontaneo, con rimozione delle specie esotiche invasive e creazione di microhabitat.

In quest'ottica si è scelto di lasciare sul terreno alcuni tronchi di alberi abbattuti; la presenza di "legno morto" in varie fasi di degradazione, con cavità e fessure, offre cibo e rifugio a molti organismi animali e vegetali quali invertebrati e funghi che dipendono dal legno morto (saproxilici), avifauna, chiroterri forestali, anfibi, rettili e piccoli mammiferi; inoltre la progressiva umificazione migliora la fertilità del bosco fornendo un idoneo substrato per la rinnovazione naturale e riduce l'erosione del suolo. Con il progetto "Parco Stura" infine, si sono attuate alcune specifiche scelte "green", quali: concimazione con compost fornito dal consorzio AMIAT-ACEA, derivante dal riciclo della frazione organica dei rifiuti; pacciamatura con legno cippato derivante dagli interventi selvicolturali e con stuoi biodegradabili ottenute da sacchi di iuta riciclati. A un anno di distanza dall'impianto è stato possibile misurare un buon sviluppo, con un aumento medio in termini di diametro di oltre il 60% e di altezza del 42%; l'area basimetrica (somma delle superfici circolari dai diametri di tutte le piante) è quasi triplicata. Una prima stima speditiva dell'incremento di biomassa legnosa, per quanto sia aleatorio rilevare le biomasse di piante poco sviluppate ed eterogenee con le formule dendrometriche, è stata fatta ricorrendo ad un coefficiente di forma cilindrometrico di 1,3 per i pioppi, da subito più ricchi di ramificazioni, e di 1 per le altre specie; si è così registrato un valore medio tra tutte le specie di 4,5 volte in rapporto all'iniziale. In termini complessivi si tratta di un valore ragguardevole, che corrisponde alla CO₂ rimossa nel primo anno di vegetazione, il cui il carbonio è stato fissato nel legno. A seguito dei rilievi in campo sulla biomassa eseguiti da IPLA il computo

per il primo anno è di 9t/ha di CO₂ assorbita, valore destinato a raddoppiare al termine del secondo anno (rilievi in corso). Anche la copertura erbacea interfilare, sottoposta a trinciatura senza asportazione, e le foglie degli alberi cadute a terra contribuiscono a fissare ulteriore C nella lettiera e quindi nel suolo.

La possibilità di realizzare questa specifica progettazione all'interno delle attività previste da Urban Forestry ha permesso lo sviluppo di un'importante esperienza dal punto di vista ambientale non solo per il recupero dell'area degradata, ma anche per valutare l'interesse a intraprendere interventi di valenza ambientale da parte di soggetti privati e la possibilità di attivare meccanismi di PSEA previsti dal collegato ambientale, per i quali si attendono i decreti attuativi.

I GIARDINI DELLA REGGIA DI VENARIA REALE, VERSO LA CERTIFICAZIONE DEGLI ASSORBIMENTI DI CO₂

Un ulteriore e prestigioso sito sperimentale del progetto Urban Forestry si è aggiunto nel giugno

2020: i giardini della Reggia di Venaria. Con la firma di un apposito Accordo di Collaborazione tra la Regione Piemonte e il Consorzio delle Residenze Reali Sabaude si darà avvio al calcolo e la certificazione degli assorbimenti di CO₂ del verde arboreo, arbustivo e prativo dei giardini storici della Reggia, secondo le cinque frazioni (biomassa epigea, ipogea, necromassa, lettiera e suolo) previste dai metodi IPCC (IPCC, 2003). Il lavoro oggetto dell'accordo in particolare prevede l'accompagnamento della Reggia all'avvio della procedura di certificazione ed il successivo monitoraggio, necessario per la verifica del bilancio del carbonio e della gestione del verde, la raccolta ed elaborazione dei dati sui SE nonché l'implementazione delle procedure di calcolo e certificazione ad essi relativi (Baraldi, 2019a).

CONCLUSIONI

L'obiettivo finale del progetto Urban Forestry, la cui conclusione è prevista per il dicembre 2020, è la definizione di documenti di normazione regionale in grado di fornire un quadro di



Figura 3. Giardini della Reggia di Venaria Reale, panoramica (foto di D. Chiantore).

indicazioni tecniche complete che consentano lo sviluppo di progetti di gestione del verde e di forestazione (o riforestazione) urbana per la valorizzazione dei servizi ecosistemici (Masiero, 2019) coerenti con gli obiettivi delle strategie per lo sviluppo sostenibile e di contrasto ai cambiamenti climatici (Commissione EU, 2010). Tali progetti dovranno essere funzionali allo sviluppo del mercato volontario del carbonio in ambito urbano/suburbano/rurale, ma anche in termini più ampi ad altri servizi ecosistemici che il verde è in grado di fornire nei contesti considerati.

I contenuti dei documenti normativi che scaturiranno dall'esperienza maturata dal progetto Urban Forestry possono essere schematizzati in quattro gruppi:

- 1) Indicazioni tecniche circa l'utilizzo delle specie arboree più idonee a valorizzare specifici servizi ecosistemici al fine di ottimizzarne l'inserimento nel contesto urbano/suburbano/rurale. In tale ottica si prevede, ad esempio, l'approvazione delle "schede albero" contenenti tutte le indicazioni relative all'attitudine delle singole specie arboree a fornire servizi ecosistemici, alla loro idoneità ad essere utilizzate nel contesto urbano ecc. ora in via di definizione.
- 2) Indicazioni tecniche di gestione sostenibile del verde urbano al fine di minimizzare eventuali effetti di "consumo" di servizi ecosistemici indotti da pratiche gestionali non idonee, ad integrazione con quanto già previsto dai Criteri Ambientali Minimi approvati a livello nazionale.
- 3) Indicazioni tecniche procedurali finalizzate all'utilizzo degli strumenti più idonei al

calcolo ed alla certificazione dei servizi ecosistemici che s'intendono sviluppare attraverso i progetti di gestione del verde e di riforestazione urbana.

- 4) Modello di PDD (Project Design Document) con specifiche relative alle metodologie sia per la realizzazione di impianti sia per i miglioramenti, inclusi i criteri di verifica e monitoraggio basati su misure e software di modellazione.
- 5) Indicazioni per le PA locali per gestire ed elaborare i dati necessari alla costruzione di banche dati di supporto allo sviluppo di progetti di gestione del verde e di forestazione urbana.

A questi obiettivi, la cui concretizzazione è prevista a conclusione del primo triennio operativo, si aggiungeranno ulteriori possibili sviluppi derivanti dalla collaborazione avviata con UNI e con i marchi di certificazione FSC e PEFC e da possibili sinergie con altre attività in corso di sviluppo come il progetto "Carbon Footprint", sviluppato in collaborazione con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e promosso nell'ambito del Progetto CRelAMO PA - finalizzato alla diffusione dell'utilizzo della Carbonfootprint, dei temi riferibili all'LCA (Life Cycle Assessment), l'LCC (Life Cycle Cost) e delle certificazioni ambientali. Infine, è in corso di definizione una nuova attività, a partire dai risultati di Urban Forestry, finalizzata alla promozione dell'utilizzo degli strumenti normativi elaborati e all'avvio del mercato volontario del carbonio e dei servizi ecosistemici, nonché allo sviluppo di nuove soluzioni progettuali urbane quali ad esempio il verde verticale (Baraldi, 2019b).

BIBLIOGRAFIA

Baraldi R. et al., 2019a. *An integrated study on air mitigation potential of urban vegetation: from a multi-trait approach to modelling.* Urban Forestry & Urban Greening 41: 127–138. Elsevier GmbH. Germany.

Baraldi R. et al., 2019b. *Ecophysiological and micromorphological characterization of green roof vegetation for urban mitigation.* Urban Forestry & Urban Greening 37: 24–32. Elsevier GmbH. Germany.

Brotto L., Leonardi A. Marìsiro M. e Amato G., 2017. *Investire nella natura: guida per la promozione dei meccanismi volontari per la compensazione della carbon-biodiversity e water footprint.* Pubblicazioni ETIFOR Srl Università di Padova. Padova.

CIPE, 1998. *Linee guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni dei gas serra.* Deliberazione CIPE 19 Novembre 1998. Gazzetta Ufficiale. Roma.

Commissione EU, 2010. *Comunicazione: “Una strategia per una crescita intelligente sostenibile e inclusiva” COM (2010) 2020 recante l’Annex I: Headline targets, punto 3.* Brussels.

Commissione EU, 2005. *Comunicazione: “Relazione sull'attuazione della strategia forestale dell'Unione europea” - COM(2005)84 def. Punti 4.2.2 e 5 concernenti il ruolo della gestione forestale sostenibile nel supportare la biodiversità e la lotta ai cambiamenti climatici.* Brussels.

CREA e Nucleo di Monitoraggio del Carbonio (a cura di), 2014. *Codice Forestale del Carbonio,* in collaborazione con Università degli Studi di Padova, Tesaf – Università degli Studi della Tuscia, Dibaf – INEA Osservatorio Foreste – Compagnia

delle Foreste – IPLA, Regione Piemonte. CREA. Roma.

CREA e Nucleo Monitoraggio del Carbonio (a cura di), 2018. *Stato del Mercato Forestale del Carbonio 2018, Allegato II – Certificazione SE FSC.* CREA, Roma.

Fares S., Alivernini A., 2018. [AIRTREE - A web tool supporting pollution mitigation and carbon removal strategies.](#) Tool gratuito di supporto alla pianificazione forestale attraverso la quantificazione dei servizi ecosistemici.

Fares S. et al., 2020. *Testing removal of carbon dioxide, ozone and atmospheric particles by urban parks in Italy.* Manuscript ID: es-2020-047407.R3; DOI (10.1021/acs.est.0c04740). Environmental Science & Technology. 1155 Sixteenth Street N.W. Washington, DC 20036.

IPCC, 2003. *Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry, Intergovernmental Panel on Climate Change.* Institute for Global Environmental Strategies 2108 -11, Kamiyamaguchi Hayama, Kanagawa. Japan.

IPLA, 2017. *Linee Guida Regione Piemonte “Quote addizionali di carbonio volontari da gestione forestale – indirizzi per la Regione Piemonte”.* Torino.

Masiero M., Pettenella D., Boscolo M., Barua S.K., Animon I., Matta J.R., 2019. *Valuing forest ecosystem services: a training manual for planners and project developers.* Forestry Working Paper No. 11. 216 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IG. FAO, Rome.

Pierobon F., 2013. [Opportunità per il settore forestale dal mercato volontario dei crediti di carbonio in Piemonte: il caso studio della val Varaita.](#) Presentazione al convegno IPLA “La sfida del mercato dei crediti di carbonio nel settore agroforestale in Piemonte e in Italia”, 18-3-2013, Torino.

BOX - CRITERI AMBIENTALI MINIMI PER IL SERVIZIO DI GESTIONE DEL VERDE PUBBLICO E LA FORNITURA DI PRODOTTI PER LA CURA DEL VERDE

Antonio Pepe - CREA Politiche e Bioeconomia

I Criteri Ambientali Minimi (CAM) sono requisiti minimi definiti dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare al fine di orientare la Pubblica Amministrazione verso una razionalizzazione dei consumi e degli acquisti fornendo indicazioni per l'individuazione di soluzioni progettuali, prodotti o servizi migliori sotto il profilo ambientale.

Per l'acquisto di beni, lavori e servizi rientranti nelle categorie individuate dal Piano di Azione Nazionale del Green Public Procurement (PAN GPP), le stazioni appaltanti sono obbligate ad inserire nei bandi le clausole contrattuali previste dai CAM.

Introdotti nella normativa già dal 2008 (art. 2 del [DM 11 aprile 2008](#)), divennero obbligatori grazie all'art. 18 della Legge 28 dicembre 2015, n. 22, obbligatorietà successivamente inclusa nell'art. 34 "Criteri di sostenibilità energetica e ambientale" del Codice dei contratti pubblici (D.Lgs. 18 aprile 2016 n. 50, Codice Appalti).

Sono stati adottati CAM riguardo 18 categorie diverse di forniture e affidamenti, che vanno dall'arredo all'acquisto di carta e cartucce, dall'edilizia alla ristorazione collettiva.

Con [il DM n. 63 del 10 marzo 2020](#) sono stati istituiti i nuovi CAM per il "servizio e la gestione del verde pubblico e la fornitura di prodotti per la cura del verde pubblico", con lo scopo di introdurre pratiche a basso impatto ambientale nel settore della gestione del verde.

Le stazioni appaltanti sono obbligate ad inserire nei bandi i CAM per le seguenti categorie:

- progettazione e riqualificazione di aree verdi;
- manutenzione e gestione del verde pubblico;
- fornitura di materiali e prodotti per la gestione del verde pubblico (fertilizzanti, impianti di irrigazione, materiale florovivaistico).

I CAM riguardano le specifiche tecniche (da inserire nel capitolo), i criteri di selezione dei candidati, le clausole contrattuali e i criteri premianti previsti.

Specifiche Tecniche

Il piano di manutenzione del verde viene riconosciuto come strumento indispensabile per il raggiungimento degli obiettivi previsti di erogazione dei servizi ecosistemici.

Diviene obbligatorio un censimento del verde, come strumento per la corretta pianificazione delle aree verdi. Il censimento dovrà comprendere una banca dati georeferenziata. Il "catasto verde" è obbligatorio per i comuni con un numero di abitanti superiore a 25.000 e a partire dal 2021 lo sarà anche per i comuni con più di 15.000 abitanti.

Selezione dei candidati

Sulle modalità di selezione dei candidati, vengono definiti i requisiti minimi che garantiscano, come competenze, un'esecuzione dell'appalto rispettosa dell'ambiente. Le operazioni di gestione del verde devono essere eseguite da personale con competenze idonee al fine di non arrecare danno al patrimonio vegetale e alla sua capacità di erogare servizi ecosistemici.

Clausole contrattuali

La parte più corposa dei nuovi CAM riguarda le clausole contrattuali. Esse prevedono un rapporto annuale per mostrare il rispetto dei CAM, un piano di comunicazione che coinvolga la cittadinanza, la manutenzione delle attrezzature utilizzate. Dovrà essere presentato inoltre un piano formativo del personale, riguardo ad esempio la gestione delle risorse idriche e lo smaltimento dei rifiuti. La manutenzione e la difesa fitosanitaria dovranno essere effettuate nel rispetto della fauna locale. Molte clausole si rifanno ai concetti di economia circolare, preferendo materiali riciclabili e biodegradabili. Si dovrà prediligere infatti uno smaltimento in loco dei residui organici come sfalci e potature, utilizzandoli ove possibile come pacciamatura o per compostaggio.

Criteri Premianti

La stazione appaltante può premiare, con un punteggio maggiore gli offerenti che rispettano alcuni CAM, come l'organizzazione di attività educative nelle scuole, l'utilizzo di attrezzature a batteria e l'impiego di lavoratori svantaggiati.



Attività didattica di una scolaresca all'interno di un Parco urbano (foto da archivio ISPRA).

DA CONSTABLE ALLO SVILUPPO SOSTENIBILE: UN BOSCO A SUPPORTO DELLA BIODIVERSITÀ TRA I MULINI EMILIANI

[Marco Benedetti¹](#), [Luca Carra²](#), [Roberto Comolli³](#), [Rosanna Figna⁴](#), [Angelo Pecci¹](#), [Orazio Rossi¹](#), [Giovanni Sanesi⁵](#)

¹ Consorzio Interuniversitario Nazionale per le Scienze Ambientali - CINSA

² Zadig – Agenzia Giornalistica Editoriale

³ Dipartimento Scienze dell'Ambiente e della Terra - Università degli Studi di Milano - Bicocca

⁴ Agugiaro & Figna Molini S.p.A.

⁵ Dipartimento Scienze Agro-Ambientali e Territoriali - Università degli Studi di Bari Aldo Moro

Abstract: Viene illustrato un intervento di forestazione, ideato e progettato nel 2019 ed in corso di realizzazione dal settembre 2020, su superfici agricole a sostegno della biodiversità locale e finalizzato a garantire i servizi ecosistemici, con particolare riguardo alla neutralizzazione delle emissioni di CO₂ di un sito molitorio emiliano. Dalla bellezza dei mulini ad acqua nella campagna inglese del Suffolk dipinti da John Constable in pieno Romanticismo, ad una tutela integrata del paesaggio, insieme all'opportunità, ai giorni nostri, di compensare la produzione di CO₂ derivante dalla carbon footprint ISO 14067:2018 "Grain Mill Product", prende avvio un percorso innovativo per la forestazione di oltre 10 ettari nella campagna parmense, il cui completamento è previsto a novembre 2021.

Parole chiave: forestazione, uso del suolo, educazione ambientale, ecologia del paesaggio.

From Constable to sustainable development: a forest supporting biodiversity among Emilian mills

The paper illustrates a forestry intervention on agricultural land in support of local biodiversity, conceived and designed in 2019 and in progress since September 2020, which aims at providing ecosystem services, with particular regard to the neutralization of CO₂ emissions from an Emilian mill. From the beauty of the water mills in the English countryside of Suffolk, painted by John Constable in full Romanticism, to an integrated landscape protection, together with the opportunity, nowadays, to compensate the CO₂ production deriving from the carbon footprint ISO 14067:2018 "Grain Mill Product", an innovative path for the forestation of more than 10 hectares in the Parma countryside starts, which is expected to be completed in November 2021.

Key words: forestation, land use, environmental education, landscape ecology.

INTRODUZIONE

Protagonista nell'evoluzione dell'uomo, la farina accompagna l'umanità da oltre 30.000 anni, quando in Italia (Gargano) si iniziò la lavorazione dell'avena selvatica. Poi nel Neolitico l'avvento dell'agricoltura e la massiccia trasformazione dei

cereali. Recentemente, dal III secolo a.C. le prime macchine molitorie, fino ai mulini ad acqua nella campagna inglese del Suffolk dipinti in pieno Romanticismo da John Constable.

Vision e mission del progetto di forestazione su superfici agricole a sostegno della biodiversità

locale traggono ispirazione dalla bellezza dei paesaggi che si vogliono ricreare nella campagna parmense, secondo nuovi e innovativi applicativi di Carta della Natura che associano l'espressione del paesaggio al valore naturalistico e culturale di un'area (Capogrossi et al., 2017), paesaggi ampiamente descritti in letteratura da autori locali (Tassi, 1989), oltre alla volontà di neutralizzare le emissioni aziendali di CO₂ di [Abugiaro & Figna Molini S.p.A.](#) (C.d.A. 28-11-19) attraverso la trasformazione di un terreno di 10 ha da seminativo a bosco a Collecchio (PR).

I climatologi concordano sul fatto che le emissioni antropiche di CO₂ rappresentino la principale causa dei mutamenti climatici: secondo le serie storiche italiane, il 2018 è stato l'anno più caldo dal 1753 e nove delle dieci estati più calde della storia si sono verificate dal 2002 ad oggi, accompagnate da significativi incrementi della mortalità, in media del 36% (ISS, 2004).

A partire da queste evidenze globali, il progetto avvierà un concreto agire locale con logiche

ambientali e sociali di:

- stoccaggio CO₂ e incremento fertilità del suolo;
- miglioramento dei servizi ecosistemici;
- divulgazione, formazione ed educazione.

Basato su principi e valori assolutamente volontari di rispetto, tutela e restituzione, creare un bosco, per un'azienda molitoria che raccoglie e trasforma frumento, significa fare un patto a lunga scadenza con la terra, trasferendo alle generazioni future la sacralità del bosco, nel quale la simbiosi tra le specie vegetali e il suolo realizza un unico organismo vivente.

Quello di un "bosco aziendale" è anche esempio e simbolo di cooperazione: le piante ci restituiscono ossigeno, danno protezione agli animali e creano un habitat che mitiga il clima, migliora il suolo, regola le acque; un luogo dove la Vita celebra e perpetua sé stessa, senza sprechi e con una crescita lenta e costante.

Un bosco in cui la bellezza si potrà cogliere nelle metamorfosi della natura e nella luce che le piante

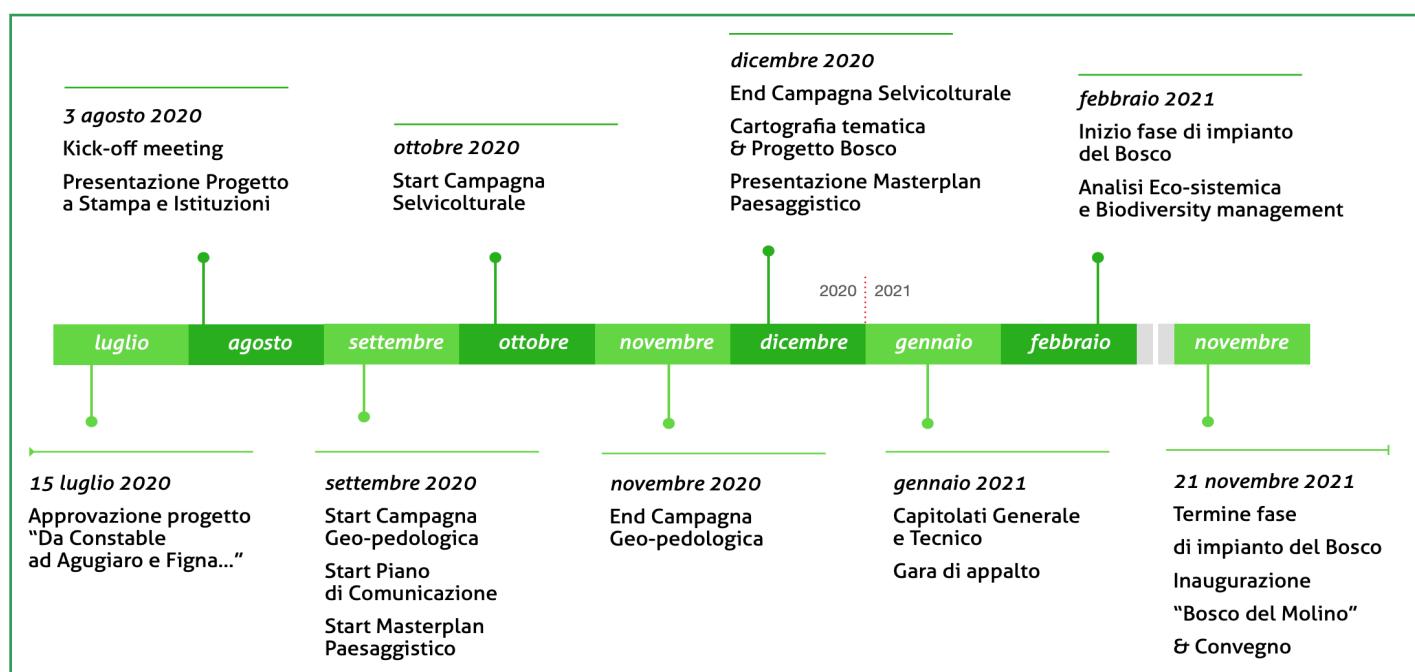


Figura 1. Articolazione del progetto e relativo cronoprogramma (elaborazione degli Autori).

sanno utilizzare in maniera “organica”: elementi colti e magistralmente dipinti da Constable.

CAMPAGNA GEOPEDOLOGICA

L'intervento, propedeutico alle successive fasi d'impianto, dovrà:

- garantire un significativo stoccaggio di CO₂;
- incrementare la fertilità del suolo;
- migliorare la resistenza all'erosione e la capacità di trattenuta dell'acqua piovana;
- incrementare la biodiversità edafica;
- agire sinergicamente sui servizi ecosistemici svolti dal suolo.

Stima dello stock attuale di Soil Organic Carbon (SOC) e previsioni di incremento

Il potenziale stoccaggio di CO₂ è stato stimato considerando le caratteristiche dei suoli dell'area, così come da carta dei suoli della Regione Emilia-Romagna (Filippi e Sbarbati, 1994): i suoli oggetto dell'intervento (serie Cataldi) sono poco profondi, a tessitura media e privi di scheletro, con buona disponibilità di ossigeno; la tessitura è franco-limoso-argillosa; i carbonati si accumulano in profondità; il pH in H₂O è circa 8,0. Dal punto di vista tassonomico si tratta di *Haplic Calcisols* (IUSS Working Group WRB, 2015).

L'area è pianeggiante e l'uso del suolo attuale e pregresso è in parte seminativo e in parte prato permanente. La trasformazione in bosco di latifoglie comporterà un incremento di sostanza organica nel suolo e nella lettiera. Tenendo in conto tipologia di suolo e altri fattori ambientali, considerando varie fonti bibliografiche, si può cautelativamente stimare che l'incremento relativo di SOC (comprendivo della lettiera), rispetto alla dotazione iniziale (stimata pari all'1,4% nel topsoil; Filippi e Sbarbati, 1994) sia all'incirca dell'1%

annuo. Il calcolo è stato svolto a partire dalle equazioni empiriche di Poeplau (Poeplau et al., 2011), affiancate da dati sperimentali della Pianura Padana (Ferré et al., 2014) e del Monferrato (Ferré e Comolli, 2019); tenendo conto di una densità apparente di 1,5 g/cm³ e considerando i primi 50 cm di spessore, è possibile stimare un incremento medio annuo di 1.000-1.100 kg/ha di SOC, corrispondenti (essendo 3,667 il rapporto fra peso molecolare della CO₂ e quello del C) a uno stoccaggio medio annuo di circa 3.700-4.000 kg di CO₂ per ettaro di suolo trasformato da seminativo a bosco.

La stima sarà oggetto di successiva verifica, in quanto funzione della densità apparente del suolo, del suo spessore e del contenuto iniziale di SOC, parametri che verranno misurati e mappati.

Valutazione delle caratteristiche del suolo e mappe di attitudine alla forestazione

La redazione di mappe dettagliate delle caratteristiche del suolo è fondamentale per:

- conoscere attuale situazione del contenuto di SOC così da migliorare le stime sullo stoccaggio di CO₂ nel corso del tempo e monitorare le modifiche ai suoli;
- individuare le caratteristiche del suolo nei vari settori da forestare, in modo da scegliere le specie più adatte e calibrare meglio gli interventi tecnici.

È necessario disporre di mappe a scala di dettaglio per garantire una conoscenza del suolo tale da intraprendere in modo adeguato gli interventi di forestazione e gestione successiva, mappe che possono essere ottenute con varie modalità, come quella innovativa qui utilizzata facendo ricorso a misure geofisiche sul suolo, unite a campionamenti tradizionali.

Utilizzando particolari apparecchiature è possibile misurare punto per punto (tramite precisa georeferenziazione) la resistività elettrica del suolo su diversi spessori. Essa è in relazione con varie caratteristiche pedologiche: umidità, tessitura, porosità e contenuto di scheletro, ma anche sostanza organica, carbonati, pH, ecc. A seguito di questo rilevamento vengono prodotte mappe di resistività elettrica del suolo per gli spessori indagati, in base alle quali si pianifica il successivo campionamento, che si attua mediante trivella pedologica fino almeno a un metro di profondità. Nel nostro caso, tenendo conto della gamma dei valori di resistività elettrica del suolo, verranno scelti almeno 20 punti, da campionare a due profondità (*topsoil* e *subsoil*).

In aggiunta, su 4 punti di particolare interesse verrà aperto il profilo pedologico fino a due metri di profondità: il profilo verrà descritto e campionato per orizzonti genetici e il suo studio servirà per definire le dinamiche pedogenetiche e l'andamento verticale delle caratteristiche pedologiche. In prossimità dei profili pedologici verranno condotte prove di permeabilità mediante infiltrometro a doppio cilindro, allo scopo di valutare il comportamento idraulico del suolo, dato importante considerando le tessiture fini dell'area.

I campioni di terreno verranno analizzati per i principali parametri d'interesse forestale (densità apparente, tessitura, pH, carbonati, carbonio organico, azoto totale, fosforo assimilabile, potassio scambiabile).

Infine, conoscendo i valori di resistività elettrica misurati nei punti campionati, saranno ricercate le relazioni fra i valori dei singoli parametri e quelli di resistività: le equazioni di regressione ottenute permetteranno di spazializzare i dati d'interesse,

ottenendo mappe di ciascun parametro pedologico alla scala 1:1.000.

Valutando requisiti e vincoli edafici (tessitura, pH, carbonati, fertilità, ecc.) per le principali specie arboree (in particolare, quelle presenti nei boschi naturaliformi circostanti), verranno redatte specifiche carte di attitudine ([Land Suitability sensu FAQ](#)) alla forestazione, necessarie per pianificare al meglio il successivo impianto arboreo.

Monitoraggio

Lo stato del suolo verrà monitorato a partire dall'intervento (previsto entro il 2021), con cadenza quinquennale misurando lo stoccaggio di CO₂ come accumulo di SOC nel *topsoil* e nel *subsoil*. Il campionamento verrà svolto su una griglia di punti georeferenziati, il cui numero verrà stabilito in base alle caratteristiche del suolo e alla loro variabilità spaziale, così da valutare lo stato di fertilità del suolo nel corso del tempo e suggerire eventuali azioni di miglioramento (correzione, concimazione, gestione dell'acqua).

CAMPAGNA SELVICOLTURALE

Successivamente allo studio di fattibilità geopedologica, si attuerà un'adeguata campagna selviculturale, consapevoli di come la vegetazione sia importante strumento di assorbimento della CO₂ atmosferica attraverso il processo fotosintetico.

Nell'ipotesi preliminare di una gestione di tipo "naturalistico" del bosco, la capacità di mantenimento del carbonio della vegetazione è collegata alla vita di ogni singolo albero e il rilascio di questo elemento in atmosfera è determinato dai meccanismi di decomposizione della sostanza organica o da particolari eventi estremi (per es. incendi). In realtà i sistemi forestali esercitano



Figura 2. Sequenza dell'intervento di forestazione. Alto, da sinistra a destra: stato attuale; campagne geopedologica e selvicolo-forestale. Basso, da sinistra a destra: bosco a 25 anni; bosco a 25 anni – area attrezzata; bosco a 50 anni – arte in natura (elaborazione degli Autori).

un'azione ben più complessa nella mitigazione dei gas serra, grazie allo stoccaggio di metano e di prodotti azotati, benzene, formaldeide e toluene. Il carbonio e la CO₂ sono componenti di facile tracciabilità e le esperienze e metodiche di contabilizzazione immediatamente comprensibili. Sono disponibili diverse metodologie per la stima degli assorbimenti della CO₂ da parte dei sistemi forestali, che variano a seconda del termine di riferimento: procedure di contabilità con metodi inventariali, misurazioni dirette degli scambi gassosi con tecniche di micrometeorologia (ad es. *eddy covariance*) e modelli empirici di processo basati su misurazioni in campo (Bracho et al.,

2012; Tabacchi et al., 2011). In questo caso si propone un modello empirico semplificato in grado di determinare la quantità di carbonio.

Il ruolo della componente ipogea (radici e suolo) è quasi pari a quello della componente epigea, anche se gli incrementi dendrometrici (in diametro ed altezza dei fusti) costituiscono l'aspetto più evidente, percettibile ed esteticamente rilevante (Sanesi e Mairotta, 2010). Fin dai primi anni del ciclo di vita, gli impianti forestali realizzati con latifoglie su terreni ex agricoli possono garantire un assorbimento di CO₂ di circa 2 t/ha per anno (Sanesi e Mairotta, 2010).

La capacità di assorbimento è successivo

stoccaggio è profondamente influenzata dalle condizioni pedologiche e dall'età degli impianti forestali, ma normalmente cresce con il tempo seguendo un andamento sigmoideo (Susmel, 1988). Impianti di pioppo a fine ciclo (10 anni) hanno una capacità media di assorbimento che raggiunge 22 t/ha per anno, mentre per impianti di latifoglie non a rapido accrescimento questa capacità, a regime, può essere di 8-10 t/ha per anno per la biomassa vegetale (Sanesi e Mairota, 2010; Barbat et al., 2014).

In ragione delle finalità del progetto, orientato a costituire un bosco ad elevata biodiversità, si è studiato un impianto misto di latifoglie arboree ed arbustive (*Quercus* spp., *Prunus* spp., *Fraxinus* spp., *Tilia* spp., ecc.) che persegua anche finalità di tipo naturalistico, destinato a trasformarsi nel tempo in un vero e proprio bosco, con un impianto realizzato a modulo culturale quadrato o a quinconce e densità iniziale di circa 1.200-1.300 alberi/ha sul quale verranno effettuati negli anni opportuni diradamenti.

Nel medio e lungo termine (Figura 2) si innescheranno processi di successione secondaria e rinaturalizzazione. Il fine ultimo è la trasformazione dell'impianto in un'area boscata multifunzionale, nella quale realizzare aree di fruizione culturale, ricavando spazi aperti o introducendo elementi lineari in assenza di vegetazione. Come obiettivo accessorio verrà differenziata la produzione di materiale legnoso: legname di pregio dalle specie principali dell'impianto e biomassa dalle specie accessorie.

Misurare e comunicare l'accumulo di CO₂: metodi di monitoraggio auxometrico

Per comunicare efficacemente e autorevolmente, tradizionale e social, verranno garantite

metodologie rigorose e accurate, che costituiranno le fonti per il Piano di Comunicazione e originali strumenti di educazione ambientale a livello locale e nazionale, come per i Laboratori già realizzati dal CINSA in alcune scuole della Lombardia (I.C.S. Orzinuovi – BS IC 893 008, 2020 – Scuola Secondaria Inferiore Pompiano).

Nel bosco in oggetto si effettuerà nei primi 4 anni, a cadenza annuale, un monitoraggio della biomassa fogliare e dell'accumulo di lettiera. A partire dal quinto anno saranno realizzati rilievi dendrometrici di dettaglio mediante laser scanner terrestre (TLS), per la misurazione diretta dei principali parametri biometrici (altezza totale e di inserzione chioma, diametri ad altezze note, area di incidenza chioma, dimensione dei rami, inclinazione del fusto), essenziale per l'analisi degli aspetti strutturali del bosco, del regime di accrescimento e della capacità di stoccaggio della CO₂. Grazie a questi rilievi sarà possibile ottenere modelli tridimensionali che rappresentino in modo realistico la crescita degli alberi ([Programme for the Endorsement of Forest Certification \(PEFC\)](#)).

Stima preliminare della capacità potenziale complessiva di stoccaggio della CO₂

In aggiunta alla stima dello stoccaggio potenziale di CO₂ nel suolo, sotto forma di SOC, sono state eseguite valutazioni preventive relative allo stoccaggio nella biomassa vegetale (epigea e ipogea). Da indagini nel Parco Nord Milano, in condizioni pedoclimatiche simili a quella del progetto (impianto di un bosco di latifoglie mesofile su terreni agricoli: [Progetto LIFE EMoNFUr](#); Nicese et al., *in press*), si è verificato nella biomassa vegetale un accumulo di CO₂ pari a 7.600-9.200 kg/ha per anno.

In conclusione, la più ragionevole stima analitica preliminare, basata sulle caratteristiche del suolo e facendo riferimento all'impianto di un bosco misto, si può stimare uno stoccaggio complessivo di CO₂ come da Tabella 1.

Il “Bosco del Molino”, realizzato preliminarmente su un'estensione di circa 10 ha, contribuirà fin da tale fase alla neutralizzazione complessiva di 113.000-132.000 kg/anno di CO₂, compensando totalmente le emissioni CORE locali (Dichiarazione di Verifica I&F - [Bureau Veritas, 2020](#)) derivanti dall'attività molitoria.

Compo-nente	Limite infe-riore (kg CO ₂ /ha anno)	Limite supe-riore (kg CO ₂ /ha anno)
Suolo e lettiera	3.700	4.000
Biomassa vegetale epigea e ipogea	7.600	9.200
Totale	11.300	13.200

Tabella 1. Stima dello stoccaggio di CO₂ a seguito dell'intervento di forestazione (elaborazione degli Autori).

VALUTAZIONE DELLA BIODIVERSITÀ LOCALE E RICADUTE DERIVANTI DALL'INTERVENTO DI FORESTAZIONE

La Provincia di Parma, ai sensi dell'art. 7 della LR 6/2005, come variante al proprio [Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale](#), ha adottato una [Rete Ecologica della Pianura Parmense \(REPP\)](#).

La REPP ha evidenziato per il territorio di Collecchio un indice di eco-deficit funzionale pari a 0,07 (in una scala da 0 a 1), 23° tra i comuni della pianura, uno dei più virtuosi per impatto sulla rete ecologica. L'indice corrisponde ad una

perdita di naturalità pari a 16,43 ha di elementi areali (corridoi primari, nodi, stepping stones) e 0,26 km di elementi lineari (corridoi secondari e siepi-filari).

Tale virtuosità è favorita dalla presenza di due parchi ([Parco fluviale regionale del Taro](#); [Parco naturale regionale dei Boschi di Carrega](#)) cui si sovrappongono due ZSC (Boschi di Carrega; Medio Taro, che è anche ZPS) per un'area protetta totale pari a 2.831,07 ha (il 48,09% dell'intero territorio) a fronte dei complessivi 33.376,54 ha provinciali (il 9,68%).

L'analisi ecologico-naturalistica attuale del territorio sarà realizzata mediante l'utilizzo dei dati dal [Sistema Carta della Natura](#), progetto nazionale coordinato da [ISPRA](#) - da cui proviene la mappatura dei biotopi della Provincia di Parma (Cardillo, 2020) qui elaborata ai fini statistici (Rossi, 2001; Amadei et al., 2004; Angelini et al., 2009a; Angelini et al., 2009b).

In tale fase progettuale il Gruppo di ricerca ha utilizzato il numero di differenti tipi di habitat quale misura più diretta e concreta della biodiversità della provincia di Parma (3.447,40 km²), nella quale sono stati individuati 91 tipi differenti di habitat (di cui 87 naturali/seminaturali) classificati sulla base del sistema di nomenclatura europeo *Palaearctic*.

All'alta presenza sul territorio provinciale di colture (pari al 38% in termini di area) si contrappone quella di 4 tipologie di habitat naturali più diffusi (pari al 36,7%): querceti temperati a cerro; faggete dell'Appennino Centrale e Settentrionale; querceti temperati a roverella; boschi a castagno. A riprova della qualità ecologico-naturalistica del mosaico si evidenzia come il 28,7% dei tipi di habitat provinciali sia incluso tra quelli di interesse

comunitario e l'8,05% risultò anche appartenente ad habitat prioritari ([Direttiva 92/43/CEE "Habitat"](#)).

Delle 87 tipologie di habitat naturali/seminaturali provinciali, nel comune di Collecchio (58,83 km²) ne sono state rinvenute 35 (Figura 3). È evidente il patrimonio naturale (i.e. biodiversità di habitat) che lo caratterizza: un territorio pari solo all'1,7% dell'intera provincia “ospita” il 40% (35 su 87) dei tipi di habitat provinciali.

Rilevante nel comune è la presenza di colture (pari al 70% in termini di area).

Gli habitat naturali più rappresentativi nel territorio comunale sono: boschi ripariali a pioppi; querco-carpineti dell'Italia settentrionale; praterie da sfalcio planiziali, collinari e montane; praterie mesiche temperate e supramediterranee; greti temperati planiziali e collinari. Essi occupano il 16% dell'intero comune. Inoltre, tra i 35 tipi di habitat presenti, due (boschi ripariali temperati ad *Alnus glutinosa* e *Fraxinus excelsior*; boschi ripariali temperati di salici) sono allo stesso tempo habitat di interesse comunitario e prioritari.

In Tabella 2 sono forniti anche ulteriori indicatori così da completare il confronto tra il mosaico ambientale (sia nella sua interezza che concentrandosi solo sulle

classi “boscate”, più strettamente correlate all'intervento di forestazione) della provincia di Parma e quello di Collecchio.

Dal confronto tra i due mosaici naturali risulta che i biotopi di Collecchio (Tabella 2):

- sono mediamente molto più grandi (+77,7%) e meno convoluti (-20,5%) di quelli dell'intera provincia e con una copertura areale più simile tra loro e più “controllata” (indice di Evenness quasi doppio di quello provinciale);
- hanno un grado di isolamento medio sensibilmente superiore (+18% circa) rispetto a quelli dell'intera provincia.

Si noti, inoltre, che l'area occupata da habitat antropici nel comune (14,96%) è più del doppio di quella da essi occupata nell'intera provincia (6,96%). In aggiunta, il valore di densità abitativa attuale (fonte [ISTAT](#)) di Collecchio è di 250 ab/km² contro i 131 ab/km² dell'intera provincia. Ciò evidenzia che il mosaico degli habitat di Collecchio risente solo parzialmente degli effetti di un'intensa presenza antropica anche perché, molto probabilmente, “difeso” dall'elevata superficie comunale protetta (48,09%).

Il confronto tra le classi “boscate” di Collecchio e della provincia (Tabella 2) conferma la rilevante

Zona	Bioto- pi	Tipi di habitat	Aampiezza (media in ha)*	P/A (media in m/ ha)*	Isolamento (media in m) *	Evenness**
Provincia di Parma	T	23.094	87	13,65	468,8	401,59
	B	7.239	28	20,02	463,1	421,94
Collec- chio	T	343	35	24,26	372,7	472,51
	B	106	14	10,90	468,8	574,43

* Per Collecchio gli indicatori sono valutati sui biotopi la cui area ricade per almeno il 50% nel comune.
 ** L'indice è valutato sulla frequenza dei biotopi per “T” e sulla relativa area per “B”.

Tabella 2. Indicatori ecologici per la Provincia di Parma e il comune di Collecchio calcolati sull'intero mosaico di habitat naturali e seminaturali (T) e sulle tipologie boscate naturali e coltivate (B) (elaborazione degli Autori).

biodiversità di questi tipi di habitat: l'area "boscata" comunale rappresenta solo lo 0,4% di quella provinciale, ma ospita il 50% (14 su 28) delle tipologie di habitat presenti nel territorio provinciale.

Appare anche qui evidente l'influenza dell'antropizzazione sul mosaico ambientale: ad una elevata biodiversità in termini di habitat boscati si accompagna una loro minore dimensione (-45,6%) ed un loro più alto grado di isolamento (+36%) rispetto a quelli provinciali.

Una biodiversità di rilevante valore ma intrinsecamente fragile, sia perché composta di habitat fra loro molto isolati, sia perché collocata

in un territorio di grande dinamismo economico (soprattutto agroalimentare): tale situazione richiama ad una gestione particolarmente attenta della biodiversità stessa.

Da queste valutazioni l'intervento di forestazione previsto (Figura 3) risulta di rilevante interesse locale in quanto:

- verrà realizzato in adiacenza alla ZSC-ZPS del medio Taro (la cui area naturalistica "[Le Chiesuole](#)" dista meno di 1 km) e quindi verrà a trovarsi naturalmente collegato al sistema locale di aree protette;
- andrà a sostituire una tipologia di habitat (coltura intensiva) di minor valore e

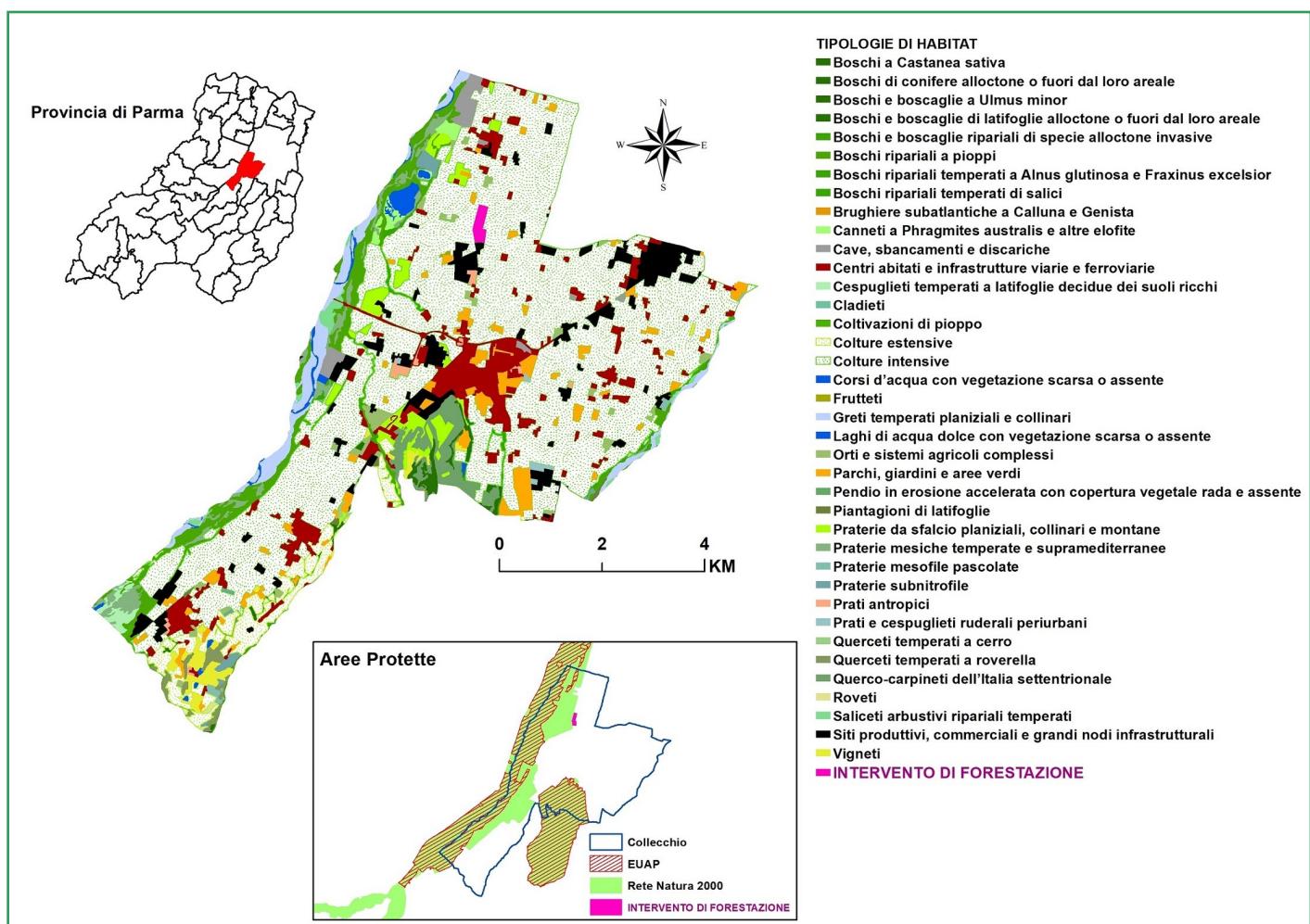


Figura 3. Inquadramento di Collecchio con relativa mappatura delle tipologie di habitat. In magenta è evidenziato l'intervento di forestazione (elaborazione degli Autori).

oltremodo diffusa sul territorio (occupa oltre il 65% dell'intero comune);

- assolverà all'importante funzione di *stepping stone* nell'ambito della REPP, andando tra l'altro a colmare il 60% circa di quei 16,43 ha di elementi areali evidenziati come perdita di naturalità dagli studi ad essa connessi.
- introdurrà un elemento di discontinuità ed eterogeneità spaziale con rilevanti effetti positivi su tutti gli ecosistemi vicini e il paesaggio.

COMUNICARE IL/NEL BOSCO

La progettazione e realizzazione del “Bosco del Molino”, con finalità di compensazione delle emissioni di CO₂ e altre finalità ambientali e culturali, è stata fin da subito condivisa con il mondo della comunicazione e informazione, consolidando e strutturando specifiche *partnership* per il biennio 2020/2021 con agenzie giornalistiche specializzate in comunicazione scientifica e ambientale, proponendo una serie di interventi volti a comunicare con correttezza ed efficacia l'iniziativa, sia in modo generalistico che verso target specifici.

Molte iniziative di forestazione sono in corso a livello internazionale: dal [programma REDD+](#) previsto dagli ultimi accordi sul clima, alla [Bonn Challenge](#), che prevede la riforestazione di 150 milioni di ettari entro il 2020 e di 350 milioni di ettari entro il 2050. Anche in Italia si moltiplicano le iniziative con questo segno, a partire dal progetto di piantagione di 60 milioni di alberi (uno per ogni italiano) lanciata dalla Fondazione Slow Food Onlus, o ancora a livello regionale il recente progetto “Radici per il Futuro in Emilia Romagna” che sta distribuendo gratuitamente 4,5 milioni di alberi (uno per ogni residente a livello regionale).

Da non trascurare, nelle realtà urbane e periurbane, i servizi ecosistemici che la forestazione garantisce (ricreativi, sociali, educativi e paesaggistici) che trovano in Italia realizzazioni esemplari, come il [Boscoincittà](#) di Italia Nostra a Milano.

L'intervento di forestazione è pensato per essere non solo natura ma anche cultura e partecipazione, per la comunità presente e le future generazioni, con una comunicazione che permea l'intera operazione: comunicano le azioni prima ancora delle parole e le immagini, comunicano tutti i partecipanti dell'impresa e non solo gli addetti ai lavori. Inoltre lo stile della comunicazione è armonizzato ai valori espressi dal proponente, che si connota fortemente in termini di responsabilità sociale e ambientale, eticità, attenzione alle tradizioni alimentari e alle competenze tecnico-scientifiche.

CONCLUSIONI

Dai primi mulini realizzati dalla Repubblica Veneta nell'entroterra di Curtarolo (PD) nel XV secolo, a quelli di Flatford nel Suffolk (UK) dipinto da John Constable nel 1816, fino ai moderni impianti molitoria presenti tra Emilia Romagna, Veneto e Umbria, oggetto del descritto impianto di forestazione, vi sono testimoniati sei secoli di arte molitoria continentale, un lasso di tempo in cui la concentrazione in atmosfera della CO₂ è passata da un millenario *range* di 250-300 ppmv al superamento della soglia dei 400 ppmv nel 2013 (fonte: [European Project Ice Core Antartica](#)).

Di fronte a tali evidenze globali e nel legame indissolubile tra i prodotti enogastronomici e le zone geografiche da cui traggono origine, dalla materia prima di base al prodotto finito, il progetto di forestare oltre 10 ha di terreni nell'intorno di alcuni moderni mulini nasce con la

volontà di tutelare e rafforzare costantemente il patrimonio di biodiversità locale che funge da matrice ambientale alla filiera agroalimentare molitoria, così da assicurarne l'integrità e la sostenibilità nel tempo, nonché creare un paesaggio nell'intorno del "Bosco del Molino" in cui uomo e natura si fondono in un carattere unico e armonico (Sauer, 1925).

Partendo da un'elevata densità d'impianto messo a dimora di 1.200-1.300 alberi/ha, il bosco raggiungerà nel XXII secolo una densità definitiva di 150-400 alberi/ha con un accumulo di CO₂ di 113-132 t/anno, compensando totalmente le emissioni CORE locali derivanti dall'attività molitoria.

Su scala locale il bosco avrà profonda e positiva rilevanza ecosistemica per Collecchio, situato sulle prime colline dell'Appennino Parmense, con una storica tradizione di eccellenze enogastronomiche contestualizzate nella Food Valley emiliana e con un territorio in cui le aree boscate comunali rappresentano solo lo 0,4% della superficie provinciale, ma ospitano il 50% della biodiversità parmense (14 tipi di habitat su 28). Il bosco sosterrà una biodiversità locale di rilevante valore ma intrinsecamente fragile, con habitat boscati di minore dimensione (-45,6%) e più alto grado di isolamento (+36%) rispetto a quelli provinciali.

Valori e logiche dell'intervento saranno oggetto di un piano di comunicazione ispirando e realizzando innovativi laboratori ambientali e artistici.

BIBLIOGRAFIA

Amadei M., Bagnaia R., Laureti L., Lugeri F.R., Lugeri N. (a cura di), 2004. *Carta della natura alla scala 1:50.000. Metodologia di realizzazione*. APAT,

Manuali e Linee Guida N. 30/2004, Roma.

Angelini P., Augello R., Bagnaia R., Bianco P., Capogrossi R., Cardillo A., Ercole S., Francescato C., Giacanelli V., Laureti L., Lugeri F.R., Lugeri N., Novellino E., Oriolo G., Papallo O., Serra B., 2009a. *Il Progetto Carta della Natura alla scala 1:50.000 - Linee guida per la cartografia e la valutazione degli habitat*. ISPRA, Serie Manuali e Linee Guida N. 48/2009, Roma.

Angelini P., Bianco P., Cardillo A., Francescato C., Oriolo G., 2009b. *Gli habitat di Carta della Natura - Schede descrittive degli habitat per la cartografia alla scala 1:50.000*. ISPRA, Manuali e linee guida N. 49/2009, Roma.

Barbati A., Ferrari B., Alivernini A., Quatrini A., Merlini P., Puletti N., Corona P., 2014. *Sistemi forestali e sequestro del carbonio in Italia. L'Italia Forestale e Montana*, 69 (4): 205-212.

Bracho R., Starr G., Gholz H.L., Martin T.A., Cropper W.P., Loescher H.W., 2012. *Controls on carbon dynamics by ecosystem structure and climate for southeastern U.S. slash pine plantations*. Ecological Monographs, 82(1): 101-128.

Capogrossi R., Laureti L., Bagnaia R., Canali E., Augello R., 2017. *Carta del Valore Naturalistico-Culturale d'Italia. Un applicativo di Carta della Natura*. ISPRA, Serie Rapporti, n. 269/2017, Roma.

Cardillo A., 2020. *Carta della Natura - Carta degli habitat della provincia di Parma alla scala 1:25.000*. ISPRA, Roma.

Ferré C., Comolli R., 2019. *Land use change from vineyard to tree plantation in Piedmont hills: effects on soil organic carbon stock and other soil properties*. Congresso nazionale SICA-SIPE-SISS, settembre 2019, Bari.

- Ferré C., Comolli R., Leip A., Seufert G., 2014. *Forest conversion to poplar plantation in a Lombardy floodplain (Italy): effects on soil organic carbon stock.* Biogeosciences 11: 6483-6493.
- Filippi N., Sbarbati L., 1994. *I suoli dell'Emilia-Romagna.* Regione Emilia-Romagna, Servizio Cartografico, Ufficio Pedologico.
- ISS, 2004. *Indagine epidemiologica sulla mortalità estiva in Italia.* Istituto Superiore di Sanità, Roma.
- IUSS Working Group WRB, 2015. *World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015.* World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
- Nicese F.P., Colangelo G., Comolli R., Azzini L., Lucchetti S., Marziliano P. A., Sanesi G., in press. *How green is our urban park? An approach for estimating CO₂ balance through the Life Cycle Assessment prism.* Urban Forestry & Urban Greening.
- Poeplau C., Don A., Vesterdal L., Leifeld J., Van Wesemael B., Schumacher J., Gensior A., 2011. *Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone-carbon response functions as a model approach.* Global Change Biology 17: 2415-2427.
- Rossi O., 2001. *La Carta della Natura del Paese: aspetti generali e prospettive.* In: *Cartografia Multiscalare della Natura:* 11-20. S.it.E. Atti XXIII.
- Sanesi G., Mairotta P., 2010 (a cura di). *Foreste e ciclo del carbonio in Italia: come mitigare il cambiamento climatico.* Fondazione Gas Natural. Barcelona.
- Sauer C., 1925. *The morphology of Landscape.* University of California, Publication in Geography, 22: 19-53.
- Susmel L., 1988. *Principi di ecologia. Fattori ecologici, ecosistemica, applicazioni.* Ed. CLEUP, Padova.
- Tassi R., 1989. *L'Atelier di Monet. Arte e natura: il paesaggio nell'Ottocento e nel Novecento.* Collana Saggi Blu, Garzanti.
- Tabacchi G., Di Cosmo L., Gasparini P., Morelli S., 2011. *Stima del volume e della fitomassa delle principali specie arboree italiane. Equazioni di previsione, tavole del volume e tavole della fitomassa arborea epigea.* Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in agricoltura, Unità di ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione forestale, Trento.

BOX - QUANDO PER FORESTARE SI IMPIEGANO SPECIE CON SEMI GROSSI

Beti Piotto - già membro del *Forest Tree and Shrub Seed Committee* dell'*International Seed Testing Association*

Quando parliamo di mettere a dimora specie dotate di semi grossi e relativamente pesanti, in Italia pensiamo soprattutto alle querce, ovvero alle numerose specie del genere *Quercus* caratterizzanti di molti ecosistemi italiani, talvolta molto diversi tra loro. Le querce si propagano attraverso le loro ghiande che, in realtà non sono semi ma acheni (frutti secchi e indeiscenti) che per praticità chiame-remo semi.

Le querce hanno un accrescimento lento per cui di norma non si adoperano per impianti produttivi, come accade per i pioppi destinati a fornire materiale per l'industria in tempi relativamente brevi (circa 10 anni), ma generalmente si usano per la rinaturalizzazione dei territori degradati (dove le specie scelte erano presenti nel passato) e per diversi altri obiettivi come la mitigazione del riscaldamento globale, il contenimento del rischio geologico, l'aumento della resilienza degli ambienti, la decarbonizzazione, ecc. In questi impianti, detti protettivi per la loro missione, non sono in genere previsti interventi culturali importanti (fertilizzazione, difesa antiparassitaria, ecc.) e le piante debbono "badare a loro stesse" per vivere, sopravvivere e possibilmente espandersi attraverso le nuove generazioni. Ma se la pianificazione degli impianti protettivi non può sempre seguire l'intero ciclo di queste piante, notoriamente longeve, dovrebbe però tener conto dei meccanismi di disseminazione che sono tra i principali ad assicurare la sopravvivenza e naturale evoluzione delle formazioni di querce.

Le ghiande sono semi pesanti: in un Kg di ghiande di leccio se ne contano da 250 a 550, mentre in un Kg di ghiande di vallonea ce ne stanno tra 55 e 90. Per confronto i semi di betulla sono infinitamente più leggeri: in alcune specie si può arrivare anche a 10 milioni in un Kg. Tutto ciò per spiegare che a maturazione semi così grossi cadono per gravità sotto la pianta madre e non sono in grado



Ghiande di quercia rossa (*Quercus rubra*) originaria degli stati orientali degli Stati Uniti (foto di B. Piotto).

di muoversi a meno che venga loro assicurata l'interazione tra pianta e animali che si nutrono principalmente di frutti o semi (frugivori). Sono proprio questi a disperdere, in modo più o meno efficiente, le ghiande nel territorio favorendo così l'espansione della specie e, in un certo modo, il flusso genetico. Il rapporto tra frugivori e piante è stato ben studiato nelle foreste tropicali (Carreira et al., 2020) in quanto esse dipendono notevolmente dalla fauna (compresi grossi mammiferi) che provvede alla dispersione dei semi e alla germinazione del 90% degli alberi presenti. Se tale rapporto non è ottimale può talvolta comportare la scomparsa di determinate specie da un dato areale.

Nel caso delle nostre querce, i vettori animali predestinati alla disseminazione sono piccoli roditori e uccelli, ma purtroppo non sono sempre presenti negli ambiti in cui la loro funzione è fondamentale. I roditori si considerano meno efficienti dal punto di vista della dispersione perché tendono a consumare quasi tutto ciò che trovano.

Nella pianificazione di impianti di questo tipo, la mancanza di vettori animali deve essere considerata come una forte limitazione alla perpetuazione della formazione forestale costituita.

A partire dagli anni '50 si sono verificati, in rapida successione, cambiamenti profondi nelle dinamiche dell'economia che hanno portato all'urbanizzazione di aree costiere senza alcuna pianificazione territoriale. Tali mutamenti hanno sensibilmente aumentato l'entità dei processi erosivi ed i rischi di degrado. Casi critici di assenza di vettori frugivori possono verificarsi proprio in zone costiere profondamente frammentate dall'edilizia, compresa quella turistica, in cui gli impianti di specie con semi grossi (ad esempio leccio) possono essere condannati all'isolamento e quindi al decadimento (anche genetico).

Per concludere, va detto che negli impianti protettivi è fondamentale che il materiale di moltiplicazione sia di provenienza locale in modo tale da facilitare l'adattamento e da evitare inquinamento genetico.

BIBLIOGRAFIA

Carreira D.C., Dátilo W., Dáfini L.B., Reis Percequillo A., Ferraz K.M.P.M.B., Galetti M., 2020. [Small vertebrates are key elements in the frugivory networks of a hyperdiverse tropical forest.](#) Scientific Reports 10:10594.



Ghiande di farnia (*Quercus robur*) (illustrazione di B. Piotto).

IDONEITÀ E CONNETTIVITÀ AMBIENTALE PER L'ORSO BRUNO MARSICANO NEI SISTEMI FORESTALI: CRITICITÀ, PIANIFICAZIONE E GESTIONE

Daniele Di Santo¹, Paolo Ciucci²

¹ Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga

² Università di Roma La Sapienza, Dipartimento di Biologia e Biotecnologie “Charles Darwin”

Abstract: La conservazione dell'orso bruno marsicano passa necessariamente attraverso l'espansione dell'areale della specie oltre i limiti attuali. Dagli studi ad oggi effettuati sull'idoneità e connettività ambientale, emerge che le foreste hanno un ruolo estremamente importante quali ambienti elettivi per le necessità ecologiche dell'orso. Nel presente lavoro vengono riportati i risultati di un'indagine condotta in relazione alle coperture forestali e allo stato della pianificazione forestale nell'areale potenziale della specie, evidenziando diverse problematiche. È basilare ed urgente promuovere strategie coordinate di gestione e pianificazione degli ambienti forestali su larga scala con particolare attenzione al mantenimento e al miglioramento delle condizioni ecologiche idonee per la specie.

Parole chiave: gestione forestale, frammentazione, habitat, Ursus arctos marsicanus.

Landscape suitability and connectivity for the Apennine brown bear in forest systems: critical issues, planning and management

The conservation of the Apennine brown bear requires a significant expansion of the species' range beyond the current limits. According to the studies carried out to date on the habitat suitability and connectivity at the landscape scale, forests play a critical role for the Apennine brown bear as they represent an elective component of the habitat for the species. This work reports the results of a survey conducted in relation to the status of forest cover and the establishment of forest planning tools and procedures within areas projected as suitable for the species, highlighting various problematic aspects for the effective implementation of conservation measures. It follows that is necessary to promote coordinated forest planning and management at the landscape scale, as this will contribute to the maintenance and improvement of adequate ecological conditions for Apennine bears.

Key words: forest management, fragmentation, habitat, Ursus arctos marsicanus.

INTRODUZIONE

Una delle conseguenze della frammentazione dei paesaggi naturali è che la fauna terrestre riesce a muoversi per distanze che oggi sono meno della metà di quelle che aveva a disposizione nell'era preindustriale (UNEP, 2019). Questa ridotta capacità di compiere movimenti sia a lungo (migrazioni, dispersione) che a breve raggio (movimenti locali all'interno dell'home range, ovvero dell'area utilizzata da un individuo per le sue attività su base circadiana, stagionale e

annuale), si traduce in un aumento di frammentazione degli areali, nella riduzione di connettività su larga scala, e quindi in un inasprimento del rischio di rarefazione ed estinzione locale. In particolare, i grandi mammiferi risultano più vulnerabili alle trasformazioni ambientali a causa delle loro basse densità di popolazione, degli ampi requisiti spaziali e delle lunghe distanze di dispersal (movimenti unidirezionali dall'area di nascita all'area di riproduzione), che li rendono ampiamente

suscettibili all'effetto negativo di mosaici ambientali di scarsa idoneità e alla presenza di barriere ecologiche e infrastrutturali (Minor e Lookingbill, 2010; Bleyhl et al., 2017). In Europa occidentale, alcuni grandi mammiferi sono attualmente presenti a bassa densità, spesso con popolazioni frammentate, disperse e talvolta transfrontaliere (Bruinderink et al., 2003). Pertanto, la loro conservazione deve essere pianificata e coordinata coerentemente su ampia scala, attraverso diversi confini amministrativi, contemplando le popolazioni biologiche e la loro distribuzione (Hanski e Ovaskainen, 2000; Opdam e Wascher, 2004). Nella pianificazione su ampia scala, non si può quindi non tener conto della connettività sia all'interno che tra popolazioni della stessa specie: funzionalità espressa, oltre che dalle caratteristiche biologiche della specie in esame, anche dall'insieme di parametri estrinseci alle specie, relativi alle componenti strutturali spaziali e qualitative dell'ecomosaico a scala di paesaggio, inclusa la presenza di ostacoli ai movimenti dei singoli individui (Haddad, 1999).

Nel presente contributo si analizza un caso studio relativo alla pianificazione e gestione dei sistemi forestali nell'Appennino centrale, i quali svolgono un ruolo fondamentale per la conservazione di una specie particolarmente legata a tali ecosistemi e icona della fauna italiana, l'orso bruno marsicano (*Ursus arctos marsicanus* Altobello, 1921). Questa specie è attualmente presente solo con un nucleo relitto nell'Appennino centrale (Ciucci et al., 2015), caratterizzato da un elevato rischio di estinzione (Gervasi e Ciucci, 2018) qualora la popolazione non riesca ad espandere il proprio areale oltre i confini attuali e ad interessare perlomeno le altre aree protette dell'Appennino centrale (Ciucci et al., 2016; Maiorano et al.,

2019). La conservazione dell'orso è tra l'altro un caso simbolico, in quanto si tratta di una specie strategica per la tutela della biodiversità più in generale, dato il suo ruolo di specie ombrello e al contempo di specie bandiera (Simberloff, 1999).

IL RUOLO DEGLI ECOSISTEMI FORESTALI NELLA CONSERVAZIONE DELLA SPECIE

Gli ecosistemi forestali sono l'habitat primario dell'orso bruno marsicano, in quanto gli consentono di soddisfare molte esigenze alimentari e offrono le risorse critiche per molte altre funzioni biologiche. Gli ambienti forestali, in base alla tipologia e alla struttura, offrono all'orso quantità e qualità diversificate di risorse trofiche (es. una grande varietà di vegetali, frutta, bacche, insetti, vertebrati, dipendentemente dalla stagione), essendo comunque la dieta dell'orso marsicano essenzialmente di base vegetariana (Ciucci et al., 2014). Tra gli ambienti forestali, sono le faggete, le cerrete, e gli ecotoni ad esse associati (Figura 1), a fornire la maggior parte delle risorse trofiche per l'orso, quali fagioli, ghiande e frutti carnosì. Questo specialmente in autunno, quando la frutta secca assume indiscutibilmente un ruolo determinante durante il cosiddetto periodo di iperfagia (Posillico et al., 2004; Paralikidis et al., 2010). Le foreste rivestono inoltre un ruolo chiave sia per la riproduzione (Fernández-Gil et al., 2006) che per l'ibernazione della specie (Ordiz et al., 2011).

Nel documento di aggiornamento della cartografia di riferimento del [Piano di Azione per la Tutela dell'Orso bruno marsicano](#) (PATOM; AA.VV., 2011) è stato individuato un areale potenziale dell'orso marsicano, elaborato sulla base di modelli statistici che tengono conto della relazione esistente tra presenza della specie e

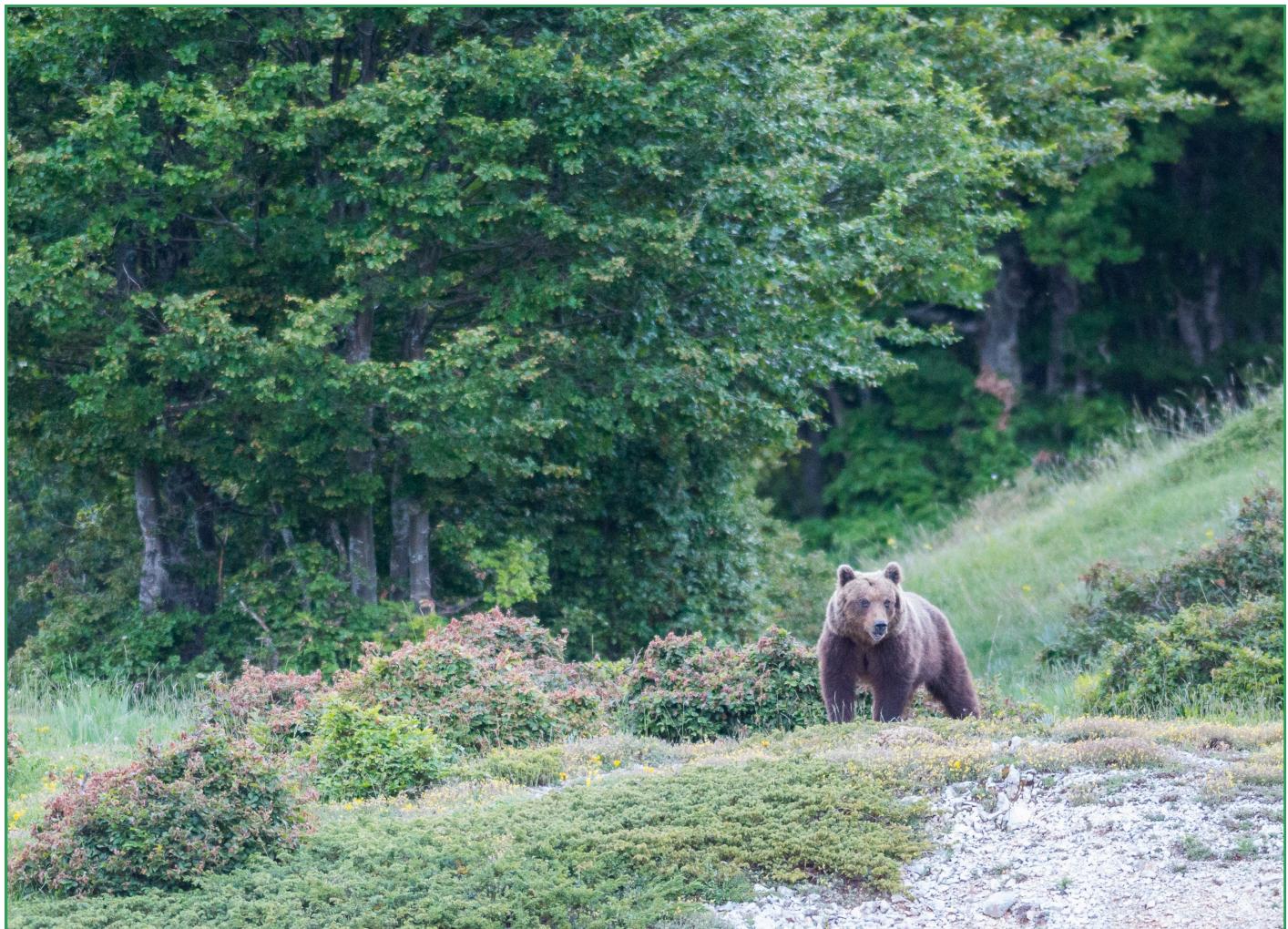


Figura 1. Maschio di orso bruno marsicano ritratto al margine di una faggeta (foto di U. Esposito).

determinate variabili ambientali e antropogeniche, per stimare l'idoneità ambientale per la specie (Ciucci et al., 2016). Considerata un'estensione territoriale di 15.275 Km² tra Abruzzo, Lazio, Molise, Campania, Umbria, Marche e Toscana, le aree ritenute idonee per la presenza stabile del plantigrado sono state stimate per un totale di 5.244 km², suddivise in 461 isole di habitat idoneo, con dimensione variabile tra 0.2 e 814 km² (Maiorano et al. 2019). Estrapolando la densità attuale della specie nel suo areale centrale di presenza, su scala appenninica potrebbero vivere circa 192-270 orsi, di cui almeno 76 femmine adulte. Di particolare importanza per la

conservazione dell'orso bruno marsicano sono ritenute le aree la cui idoneità ambientale è distribuita senza soluzione di continuità per almeno 70 km², ovvero in grado di ospitare una femmina adulta di orso, in base alle dimensioni medie annuali del suo *home range* (Maiorano et al., 2019). Data la loro importanza strategica per una futura espansione della popolazione oltre i confini dell'areale attuale, queste aree sono state definite Aree Critiche di Conservazione (Ciucci et al., 2016). Nello stesso lavoro, attraverso modelli di conduttanza, sono state inoltre stimate le zone che, sempre in base alle loro caratteristiche ambientali e antropogeniche, sembrano assicurare

la connettività strutturale per la popolazione di orso su scala appenninica.

Partendo da queste premesse, nel presente lavoro si è inteso evidenziare, in termini quantitativi, l'importanza degli ecosistemi forestali all'interno dell'habitat critico per l'orso su scala del paesaggio. In particolare, si è voluto quantificare la copertura forestale all'interno sia delle Aree Critiche di Conservazione, come sopra definite, che delle aree di connettività su scala appenninica. Pertanto è stata condotta un'analisi cartografica, mediante il software QGIS 3.12.1 e utilizzando la cartografia ufficiale fornita dal Ministero dell'Ambiente, relativa alle Aree critiche di

conservazione e alle aree di connettività per l'orso (Ciucci et al., 2016), sovrapponendole alla carta dell'uso del suolo CORINE Land Cover (CLC) ver. 2018, per la quale sono state prese in considerazione le categorie riconducibili ad ambienti di tipo prettamente forestale o comunque caratterizzati da elementi di vegetazione forestale (aree agro-forestali, foreste di caducifoglie, foreste di conifere, foreste miste, vegetazione di sclerofille, transizioni bosco-cespuglieto). L'analisi mostra che la copertura forestale (intesa come la superficie coperta dalle categorie CLC 2018 sopra elencate) raggiunge nelle Aree Critiche di Conservazione per l'orso

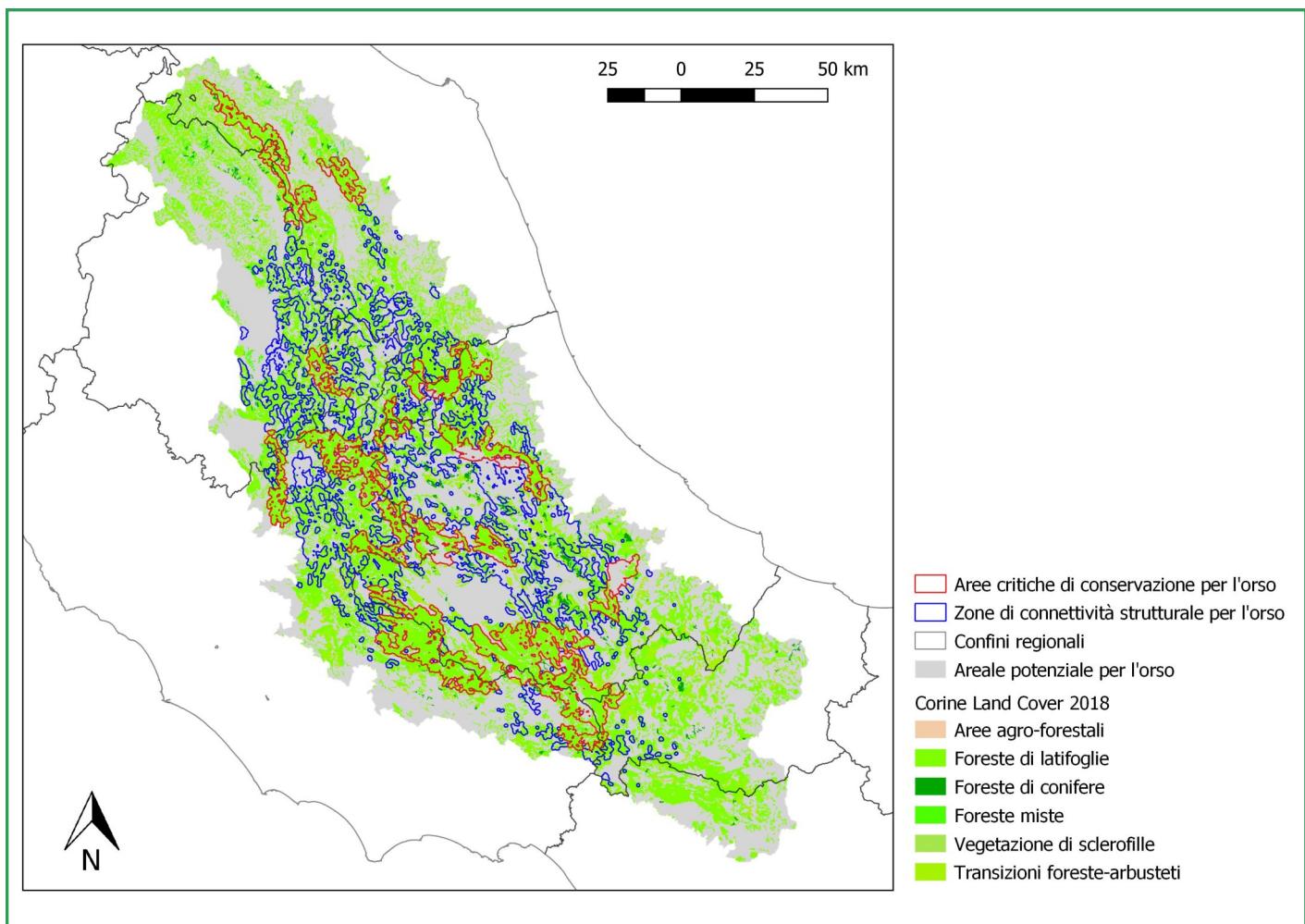


Figura 2. Distribuzione della copertura forestale (Corine Land Cover 2018) nelle Aree Critiche di Conservazione e nelle zone di connettività strutturale (sensu Ciucci et al., 2016) per l'orso bruno marsicano su scala appenninica (elaborazione degli Autori).

ben l'80%, mentre nelle aree di connettività strutturale il 55% (Figura 2). In entrambi i casi, le tipologie maggiormente rappresentate sono quelle riferibili alle faggete e ai querceti. Di particolare rilevanza gestionale risultano, inoltre, le curve di risposta¹ prodotte nell'analisi di Maiorano et al. (2019: Supplementary Tabb.A.5.A-F), che esprimono la variazione della probabilità di presenza dell'orso al variare dell'estensione delle variabili considerate. Nello specifico, in base a tre dei sette modelli maggiormente informativi utilizzati per la caratterizzazione della connettività strutturale dell'orso bruno marsicano su scala appenninica, risulta come la copertura forestale sia condizionante per la connettività strutturale per l'orso. Similmente, anche l'analisi ENFA (Ecological Niche Factor Analysis) indica come la copertura forestale e la dimensione delle patch forestali, in concomitanza con altre variabili ambientali e una maggiore distanza dalle strade, caratterizzino le zone di connettività strutturale rispetto al resto del territorio (Ciucci et al., 2016:Tab.20).

PROBLEMATICHE INERENTI ALLA PIANIFICAZIONE E GESTIONE FORESTALE NELL'AREALE DELL'ORSO

Una delle principali criticità riferibili alla tutela dell'orso bruno marsicano è rappresentata dalla carenza di un'efficace pianificazione territoriale su più livelli. I principali strumenti di pianificazione specifici sono i Piani delle Aree Protette. L'attuale areale di presenza dell'orso è interessato per circa la metà da Aree Protette (Ciucci et al., 2017), tra cui le principali sono i Parchi Nazionali (Abruzzo,

Lazio e Molise, Majella, Gran Sasso e Sibillini) e i Parchi Regionali (Sirente Velino e Simbruini). Di questi ad oggi solo il Parco Nazionale della Majella ha un Piano approvato in via definitiva e quindi effettivamente vigente (fonte: [Repertorio dello stato di attuazione dei Piani per il Parco nei Parchi Nazionali](#)). Questo dato è pressoché in linea con il dato nazionale che conferma che una percentuale significativa di Parchi Nazionali (ben il 70%) non ha ancora un Piano definitivamente approvato, e meno della metà (44%) dispone di un Regolamento approvato (Galaverni et al., 2018). Per quanto riguarda la pianificazione forestale a livello delle regioni ricomprese nell'areale di espansione potenziale dell'orso, ad oggi hanno un Piano Forestale Regionale adottato solo Marche ([D.A. n. 114/2009](#)), Umbria (D.C.R. n. 382/2010), Toscana ([D.C.R. n. 3/2012](#)) e Campania ([D.G.R. n. 44/2010](#)). Si tratta ovviamente di Piani che hanno una certa rilevanza strategica, per una visione su ampia scala ai fini di un'attenta valutazione della connettività strutturale, ma si ritiene utile analizzare e approfondire anche lo stato della pianificazione forestale a livello locale/comunale, in quanto i relativi strumenti sono quelli che hanno effetti maggiormente diretti sulla concreta gestione delle foreste. Appare quindi chiara l'importanza che può assumere anche la pianificazione a livello locale e, nel caso dell'orso, specialmente per quanto concerne i territori ricadenti nelle Aree Critiche di Conservazione, dove abbiamo visto le foreste svolgono un ruolo di importanza primaria. È lo strumento del Piano che determina le scelte programmatiche e tecniche, le quali, indirizzando le modalità di

¹ Le curve di risposta indicano l'andamento della probabilità relativa di presenza (in ordinata) in base all'aumento della copertura della variabile considerata (in ascissa), al lordo delle altre variabili considerate nel modello.

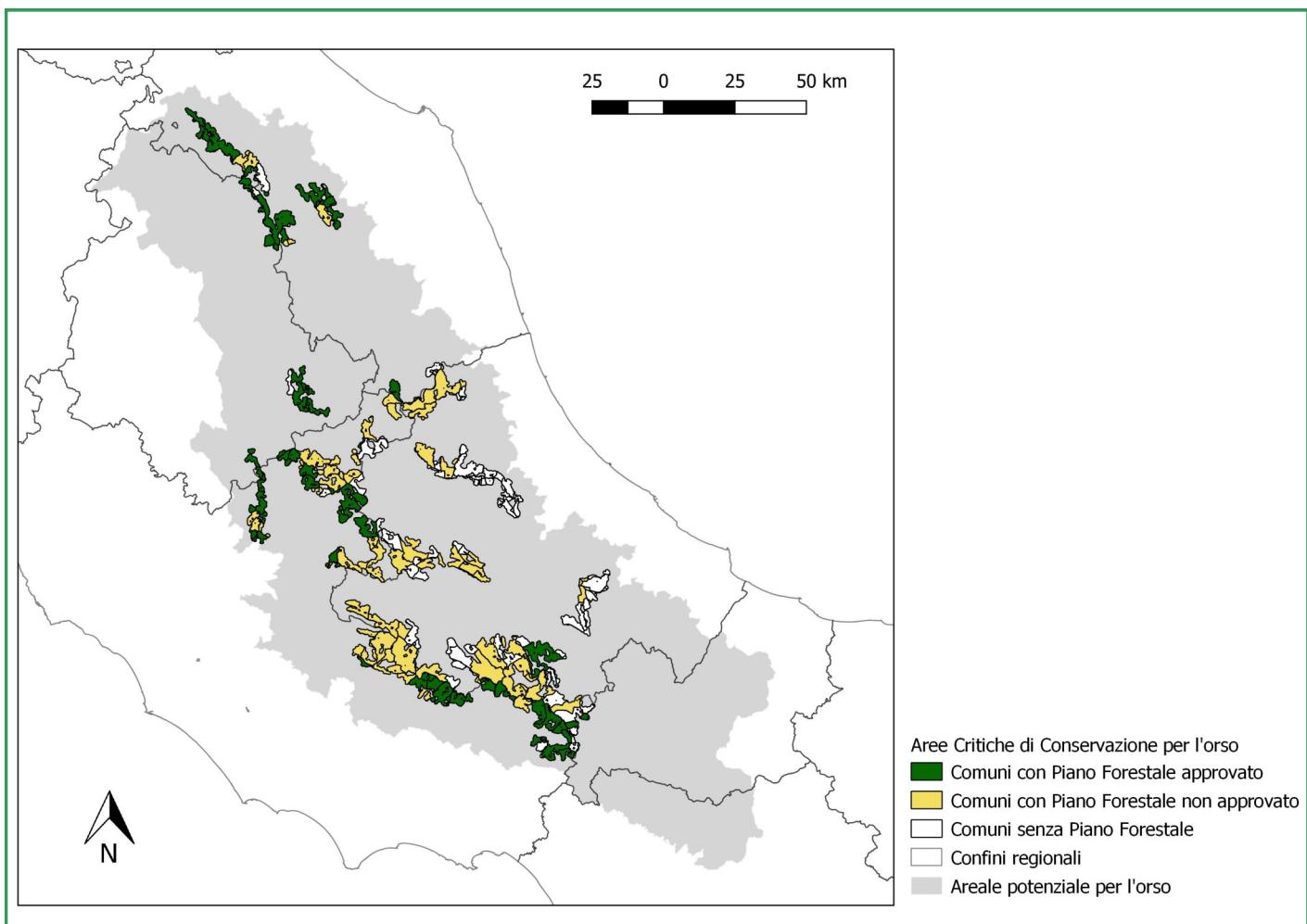


Figura 3. Stato della Pianificazione Forestale su base comunale nelle Aree Critiche di Conservazione per l'orso bruno marsicano (elaborazione degli Autori).

utilizzo delle risorse naturali, possono modificare o mantenere, in maniera significativa, gli ecosistemi forestali in cui l'orso vive.

Al fine di avere un quadro completo del livello della pianificazione forestale (Piani di Assestamento Forestale, Piani di Gestione, Piani di Riassetto, Piani di Riordino, ecc.) nell'area di interesse è stata effettuata una ricognizione sulla presenza di questi strumenti presenti a livello comunale nelle Aree Critiche di Conservazione per l'orso. Da tale indagine emerge che i comuni dotati di un Piano sono il 62,4%. Sono invece solamente il 31,9% quelli dotati di un Piano approvato in via definitiva (Figura 3). Va ricordato

che, sebbene l'obbligo della pianificazione forestale (e pascoliva) per le superfici pubbliche vige dal 1923, soltanto il 18% dei boschi italiani è attualmente assoggettato ad una specifica pianificazione di dettaglio (RaF Italia, 2017-2018). Tale assenza di strumenti, più marcata nelle regioni dell'Italia centrale e meridionale, è da attribuire a diversi fattori. Probabilmente il costo di realizzazione dei Piani incide in maniera preponderante, soprattutto in presenza di soprassuoli poco produttivi. Altro limite è certamente rappresentato dalla complessità burocratico-amministrativa di alcune strutture regionali. Nel settore forestale, dunque, la scarsità

di adeguati strumenti di pianificazione comportano l'impossibilità di applicare azioni efficaci di sistema per la tutela dell'orso ritenute fondamentali a scala sovra-locale. Inoltre, la mancanza di tali piani non consente di avere dati di tipo dendrostrutturale dei boschi che sarebbero oltremodo utili per migliorare i modelli di idoneità ambientale, i quali attualmente si basano unicamente sulle informazioni cartografiche oggi disponibili su larga scala, che sono di tipo esclusivamente tipologico (Ciucci et al., 2016).

PROPOSTE OPERATIVE PER LA PIANIFICAZIONE FORESTALE SU AMPIA SCALA PER IL MIGLIORAMENTO DELL'IDONEITÀ AMBIENTALE E DELLA CONNETTIVITÀ ECOLOGICA

Sulla base delle esigenze ecologiche dell'orso marsicano, si evince che una gestione forestale adeguata debba essere improntata non solo alla conservazione in senso stretto ma, laddove le utilizzazioni forestali sono comunque consentite, anche a modelli culturali che possano mantenere o migliorare le caratteristiche delle cenosi forestali, soprattutto in termini di offerta e differenziazione trofica per la specie. In tal senso, le Linee Guida per una Gestione Forestale Compatibile con la conservazione dell'orso bruno marsicano (Rositi et al., 2019), in coerenza con l'Azione B6 (Gestione degli ambienti forestali) del PATOM (A.A.V.V., 2001), rappresentano un primo contributo operativo che ha l'obiettivo di promuovere modelli di gestione forestale innovativi, con particolare riguardo al mantenimento e miglioramento della produttività dell'habitat forestale nel lungo periodo. Le suddette Linee Guida rappresentano, inoltre, un importante stimolo verso un'integrazione più funzionale tra gestione forestale e conservazione

della biodiversità. Oltre agli aspetti specificatamente legati ai modelli culturali e alla gestione, si evidenzia come le Linee Guida individuino proprio nella pianificazione forestale su larga scala uno degli obiettivi generali da perseguire. L'obiettivo generale viene poi declinato in tre differenti obiettivi specifici: 1) acquisire dati e dotarsi di relativo sistema coerente, aggiornato e funzionale di natura tipologico-strutturale su larga scala; 2) pianificare a livello comprensoriale le risorse forestali; 3) sviluppare e implementare un sistema informativo a vasta scala su base GIS sulle utilizzazioni forestali. La complessità della materia e l'assenza di strumenti normativi e gestionali, coordinati a livello sovra regionale, purtroppo non facilitano la risoluzione di problematiche annose che caratterizzano il settore. Le Linee Guida sottolineano proprio la necessità di individuare possibili azioni di raccordo tra le singole regioni interessate, per addivenire a strategie condivise ed applicabili in maniera uniforme sull'intero territorio di riferimento, soprattutto in termini di pianificazione.

Il PATOM, che attualmente rappresenta il principale strumento di riferimento per svolgere attività di sistema, potrebbe integrare il programma di azioni prevedendo e coordinando una pianificazione su vasta scala basata sull'applicazione di metodologie moderne per il rilevamento e l'analisi delle risorse naturali a fini gestionali e di ricerca, come già favorevolmente sperimentato in altri progetti a livello nazionale (Barilotti, 2012; Lingua et al., 2012). In questa prospettiva, negli ultimi anni la tecnologia Laser Scanning da aeromobile ha mostrato rilevanti potenzialità nella descrizione quali-quantitativa dei popolamenti forestali. I principali obiettivi degli

studi basati su tecniche LiDAR (*Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation*), relativi alla pianificazione forestale, riguardano in particolare proprio la caratterizzazione morfologico-strutturale dei popolamenti forestali, i cui dati rappresentano le principali informazioni utili per la redazione di inventari forestali e piani di assestamento (Wulder et al., 2012). Il dettaglio di tali tecnologie consente di ottenere risultati e prodotti non solo utili per la stima della biomassa a fini produttivi, ma è in grado di fornire informazioni relative alle strutture forestali nel loro complesso, anche in termini di analisi di ecosistemi ed habitat (Beland et al., 2019). Nello specifico, è possibile effettuare analisi di parametri ambientali di vario tipo, quali ad esempio, l'indice di penetrazione delle chiome (LPI - *Laser Penetration Index*; Barilotti et al., 2005), l'indice di area fogliare (LAI - *Leaf Area Index*; Riaño et al., 2004), la presenza di discontinuità nella copertura forestale (chiarie, radure, superfici sottoposte a taglio, ecc.; Bottalico et al., 2009) e analisi sulla composizione specifica (tipologie forestali). L'insieme di queste variabili consente di valutare la qualità e la struttura degli habitat (Sitzia, 2009), rilevanti per molte specie, anche di interesse conservazionistico. Nel caso specifico dell'orso bruno marsicano, considerando la potenziale scala di applicazione (areale potenziale dell'orso marsicano sensu Ciucci et al., 2016) in riferimento alle proiezioni di idoneità ambientale su ampia scala, l'impiego *tout court* di rilievi LiDAR comporterebbe una considerevole spesa. Tuttavia, i vantaggi di un investimento iniziale in tal senso sarebbero innumerevoli in quanto i rilievi di questo tipo fornirebbero dati utili per tutta una serie di pianificazioni (es. geologica, geomorfologica, ecc.) e non solo quindi di tipo

forestale, nonché per analisi ambientali ed ecologiche di ampio spettro. Gli ulteriori indubbi vantaggi sono rappresentati (i) dalla precisione dei dati, (ii) dal risparmio nel lungo termine di importanti risorse economiche per i rilievi al suolo rispetto alla pianificazione classica (con conseguente abbassamento dei costi e incentivazione alla pianificazione a livello locale) e, (iii) dalla riduzione dei tempi necessari sia per i rilievi che per l'elaborazione del dato (Corona et al., 2011a).

Come base di partenza per una possibile sperimentazione su aree campione, soprattutto al fine di migliorare i modelli di idoneità ambientale dell'orso, si potrebbero inizialmente utilizzare i dati LiDAR già disponibili, acquisiti nell'ambito del Piano Straordinario di Telerilevamento, curato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, sul territorio Nazionale. I dati relativi al suddetto Piano presentano una precisione piuttosto scarsa (1 punto per metro quadro) rispetto a quelli ottenibili da tecnologie più recenti. Dati di qualità analoga sono stati comunque già impiegati per studi sull'idoneità di habitat di specie (Graf et al., 2013; Johnston e Moskal, 2017, Mienna et al., 2019) e per analisi dei principali parametri forestali (Scrinzi et al., 2013, Scrinzi et al., 2017). Tuttavia la copertura di questi dati, acquisiti in maniera concentrata su porzioni di territori di interesse idrogeologico, copre, in modo estremamente frammentato, solamente il 47% dell'areale di potenziale espansione dell'orso bruno marsicano e non sarebbe dunque sufficiente per un possibile impiego in un'ottica di pianificazione forestale su ampia scala. Considerando inoltre che le tecnologie più aggiornate sono in grado di restituire dati con risoluzioni tali da garantire analisi maggiormente

accurate, sia per quanto riguarda rilievi di carattere dendro-strutturale (Peloso e Carta, 2012), sia per quanto riguarda studi di idoneità ambientale (Mienna et al. 2019), l'attivazione di uno specifico progetto per un nuovo rilievo LiDAR per tutta l'area di interesse per l'orso appare dunque comunque auspicabile.

CONCLUSIONI

Il caso studio dell'orso marsicano è un esempio emblematico di come le politiche di conservazione di alcune specie animali necessitino di un approccio ecologico di sistema e riscontrabile fin dalla pianificazione su area vasta. La tutela delle risorse naturali in territori caratterizzati da frammentazione di ambienti naturali, non può essere infatti svolta concentrando le azioni di tutela soltanto su un sistema di aree protette (Corona et. al., 2011b). La partita della conservazione dell'orso marsicano, pertanto, si gioca anche sui tavoli delle amministrazioni che governano, a vario titolo e livello, i territori in cui, sarebbe auspicabile nel futuro prossimo l'espansione di nuovi nuclei riproduttivi di orso. Se in un'ottica di breve termine appare dunque necessario ridurre il più possibile le cause di mortalità dell'orso per causa antropica, nel lungo periodo risulta fondamentale avere pieno controllo gestionale delle strategie di sistema necessarie per consentire alla specie l'espansione dell'areale oltre i confini attuali (Ciucci et al., 2017). Considerate le caratteristiche ecologiche dell'orso, ciò implica effettuare un'attenta valutazione di sistema su vasta scala dell'idoneità delle coperture forestali utili alla specie, anche in termini di connettività funzionale su scala del paesaggio: foreste, in primis, ma anche arbusteti, praterie, radure, coltivi e loro interconnessioni,

tenendo debitamente conto del fatto che la caratteristiche ambientali di tali sistemi sono la risultante di processi e dinamiche che attraversano più scale temporali e spaziali (Ciancio e Nocentini, 2003).

Spesso l'articolazione gerarchica ed organizzativa delle competenze e degli Enti di gestione rende difficile l'applicazione di strumenti in grado di avere effetti concreti ed efficaci. Relativamente agli obiettivi di conservazione dell'orso bruno marsicano, l'istituzione del PATOM è da considerarsi certamente come un valido tentativo per coordinare le diverse realtà territoriali in un'ottica di pianificazione di area vasta. Tuttavia, l'efficacia di questo come di altri piani d'azione si è spesso rivelata limitata, in particolare a causa della mancata implementazione a livello locale delle azioni previste da questi strumenti. Lo strumento del PATOM, dunque, potrebbe catalizzare, attraverso l'impiego di nuove applicazioni risultanti dalla ricerca in campo scientifico e tecnologico, processi in grado di superare almeno in parte lo stallo relativo alla pianificazione in ambito forestale. Interessanti prospettive in tale direzione sono offerte, come visto, dalla tecnologia LiDAR, che negli ultimi anni trova sempre maggiore impiego nel settore della ricerca e della pianificazione forestale e che potrebbe certamente trovare spazio di applicazione in riferimento alle azioni determinate per il mantenimento/miglioramento degli habitat. Da non sottovalutare in questo senso la possibilità di ricorrere a specifici strumenti di finanziamento comunitari (vedi ad esempio il Programma LIFE+), o di finanziamenti volontari (PES), così come previsto dall'art. 70 della L. n. 221/2015 (Collegato ambientale) e dall'art. 7 del D.lgs. n. 34/2018 (TUFF). Un investimento in tal senso fornirebbe

un insieme di dati critici per approfondire e meglio definire i modelli di idoneità ambientale per l'orso tramite l'integrazione di attributi dendro-strutturali in grado di descrivere la potenziale produttività dell'ecosistema, soprattutto in funzione dell'offerta trofica per l'orso (Noyce e Coy, 1990, Nielsen et al., 2004). Solo attraverso il corretto uso di questi strumenti di pianificazione sarà possibile, da un lato valutare, dall'altro gestire su vasta scala l'utilizzo delle risorse naturali, attraverso la concreta applicazione di modelli gestionali volti al mantenimento dell'idoneità ambientale (per es., Rositi et al., 2019).

Ringraziamenti

Si ringrazia il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare per la cartografia ufficiale del PATOM e le Regioni per i dati relativi alla pianificazione forestale. Si ringrazia inoltre il gruppo di lavoro del Tavolo Tecnico del progetto Gestione forestale per la conservazione della biodiversità: esempi di interventi strutturali finalizzati alle specie minacciate e linee guida per gli Enti territoriali (progetto PSL GAL Gran Sasso Velino – Misura 4.I.2 – Azione 3C1), per spunti e riflessioni su alcune delle tematiche approfondite nel presente lavoro.

BIBLIOGRAFIA

AA. VV., 2011. *Piano Nazionale per la Tutela dell'Orso bruno marsicano - PATOM*. Quad. Cons. Natura, (Vol. 37). Min.Ambiente - ISPRA.

Barilotti A., 2012. *LiDAR e pianificazione. Progetti pilota in Friuli Venezia Giulia*. Sherwood. Foreste Ed Alberi Oggi, vol. 2, p. 16-17, ISSN: 1590-780.

Barilotti A., Turco S., Napolitano R. E., Bressan E., 2005. *La tecnologia LiDAR per lo studio della biomassa negli ecosistemi forestali*. Proceedings of 15th Meeting of the Italian Society of Ecology, 12-14 September 2005, Torino, 6 pp.

Beland M., Parker G., Sparrow B., Harding D., Chasmer L., Phinn S., Antonarakis A., Strahler A., 2019. *On promoting the use of lidar systems in forest ecosystem research*. Forest Ecology and Management, Volume 450, 117484, ISSN 0378-1127.

Bleyhl, B., Baumann M., Griffiths P., Heidelberg A., Manvelyan K., Radloff V. C., Zazanashvili N., Kuemmerle T., 2017. *Assessing landscape connectivity for large mammals in the Caucasus using Landsat 8 seasonal image composites*. Remote Sensing of Environment 193, 193-203.

Bleyhl B., Baumann M., Griffiths P., Heidelberg A., Manvelyan K., Radloff V.C., Zazanashvili N., Kuemmerle T., 2017. *Assessing landscape connectivity for large mammals in the Caucasus using Landsat 8 seasonal image composites*. Remote Sensing of the Environment, 193, 193–203.

Bottalico F., Montaghi A., Travaglini D., 2009. *Identificazione dei gaps nella copertura forestale con dati LiDAR*. Atti della 13a Conferenza Nazionale ASITA, Bari, 1-4 dicembre 2009: 507-512.

Bruinderink G. G., Van Der Sluis T., Lammertsma D., Opdam P., Pouwels R., 2003. *Designing a Coherent Ecological Network for Large Mammals in Northwestern Europe*. Conservation Biology, 17, 549-557.

Ciancio O., Nocentini S., 2003. *La conservazione della biodiversità nei sistemi forestali. 2. Specie, strutture, processi*. L'Italia Forestale e Montana, 58:1-6.

Ciucci P., Altea T., Antonucci A., Chiaverini L., Di Croce A., Fabrizio M., Forconi P., Latini R., Maiorano L.

Monaco A., Morini P., Ricci, F. Sammarone, L., Striglioni F., Tosoni E., and Regione Lazio B. M. N., 2017. *Distribution of the brown bear (*Ursus arctos marsicanus*) in the Central Apennines, Italy, 2005-2014.* *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 28(1),86-91.

Ciucci P., Maiorano L., Chiaverini L., Falco M., 2016. Aggiornamento della cartografia di riferimento del PATOM su presenza e distribuzione potenziale dell'orso bruno marsicano nell'Appennino centrale. Azione A2, Relazione tecnica finale (84 pagg.).

Ciucci P., Gervasi V., Boitani L., Boulanger J., Paetkau D., Prive R., Tosoni E., 2015. *Estimating abundance of the remnant Apennine brown bear population using multiple noninvasive genetic data sources.* *Journal of Mammalogy*, 96, 206–220.

Ciucci, P., Tosoni G., Di Domenico F., Quattrociocchi, L. Boitani., 2014. *Seasonal and annual variation in the food habits of the remnant Apennine bear (*Ursus arctos marsicanus*) population, central Italy.* *Journal of Mammalogy*, 95, 572–586.

Corona P., Marchetti M., Scrinzi G., Torresan C., 2011a. Stato dell'arte delle applicazioni laser scanning aereo a supporto della gestione delle risorse forestali in Italia. Atti della 15a Conferenza Nazionale ASITA, Reggia di Colorno, 15-18 novembre 2011: 721-732.

Corona P., Barbat A., Ferrari B., Portoghesi L., 2011b. *Pianificazione ecologica dei sistemi forestali.* Compagnia delle Foreste, Arezzo, pagg. 206.

Fernandez-Gil A., Naves J., Delibes M., 2006. *Courtship of brown bears Ursus arctos in northern Spain: phenology, weather, habitat and durable mating areas.* *Wildl Biol* 12:367-373.

Galaverni M., Antonelli M., Pintore L., Scianna C., Prato G., Sadun C., Agresti L., Pollutri A., Agapito A., Pratesi I., Ferroni F., Lenzi S., 2018. *Check-up Parchi Nazionali*

Italiani. Report sulla valutazione dell'efficacia di gestione tramite metodo RAPPAM. WWF Italia. Roma.

Gervasi V., Ciucci P., 2018. *Demographic projections of the Apennine brown bear population Ursus arctos marsicanus (Mammalia: Ursidae) under alternative management scenarios.* *The European Zoological Journal*, Vol. 85:1, 242 252.

Graf R., Mathys L., Bollmann K., 2013. *Habitat assessment for forest dwelling species using LiDAR remote sensing: Capercaille in the Alps.* *Forest Ecology and Management*. 257.

Haddad N. M., 1999. *Corridor use predicted from behaviours at habitat boundaries.* *The American Naturalist*, 153, 215-227.

Hanski, I., Ovaskainen, O., 2000. *The metapopulation capacity of a fragmented landscape.* *Nature* 404, 755–758.

Johnston, A.N. and Moskal, L.M., 2017. *High-resolution habitat modeling with airborne LiDAR for red tree voles.* *Jour. Wild. Mgmt.*, 81: 58-72.

Lingua E., Grigolato S., Pirotti F., Ginzler C., Hollaus M., Monnet Jm., Berger F., 2012. *Newfor - Un Progetto Europeo dove il LiDAR è Protagonista.* Sherwood. Foreste Ed Alberi Oggi, vol. 2, pagg. 21-24, ISSN: 1590-780.

Maiorano L., Chiaverini L., Falco M., Ciucci P., 2019. *Combining multi-state species distribution models, mortality estimates, and landscape connectivity to model potential species distribution for endangered species in human dominated landscapes.* *Biological Conservation* 237: 19-27.

Mienna I. M., Eldegard K., Bollandsås O. M., Gobakken T., Hans O. Ø., 2019. *Lidar data as indicators for forest biological diversity: a review.* Project Report.

- Minor E. S., Lookinbill, T.R., 2010. [*Mammals in the United States*](#). Conservation Biology, 24, 1549-1558.
- Nielsen, S. E., Munro R. H. M., Bainbridge E., Boyce M. S., Stenhouse G. B., 2004. *Grizzly bears and forestry II: distribution of grizzly bear foods in clearcuts of west-central Alberta, Canada*. Forest Ecology and management, 199, 67-82.
- Noyce, K. V., P. L. Coy, 1990. *Abundance and productivity of bear food species in different forest types of north-central Minnesota*. International Conference on Bear Research and Management, 8, 169-181.
- Opdam, P., Wascher, D., 2004. [*Climate change meets habitat fragmentation: linking landscape and biogeographical scale levels in research and conservation*](#). Biological Conservation, 117, 285–297.
- Ordiz A., Støen O-G., Delibes M. et al., 2011. *Predators or prey? spatio-temporal discrimination of human-derived risk by brown bears*. Oecologia 166:59-67
- Paralikidis N. P., Papageorgiou N. K., Kontsotis V. J. e Tsionpanoudis A. C., 2010. *The dietary habits of the brown bear (*Ursus arctos*) in western Greece*. Mammalian Biology, 75, 29–35.
- Peloso C., Carta E., 2012. *Voli LiDAR. Come pianificarli per le applicazioni Forestali*. Sherwood. Foreste Ed Alberi Oggi, vol. 2, p. 33-35, ISSN: 1590-780.
- Posillico, M., Meriggi, A., Pagnin, E., Lovari, S., Russo, L., 2004. *A habitat model for brown bear conservation and land use planning in the central Apennines*. Biological Conservation, 118, 141–150.
- RaF Italia, 2017-2018. *Rapporto sullo stato delle Foreste e del settore forestale in Italia*. Prodotto dalla Rete Rurale Nazionale (RRN 2014-2020); Compagnia delle Foreste (AR). ISBN: 978-88-98850-34-1
- Riaño D., Valladares F., Condés S. E Chuvieco E., 2004. *Estimation of leaf area index and covered ground from airborne laser scanner (LiDAR) in two contrasting forest*. Agricultural and Forest Meteorology, 124, 269-275.
- Rositi A., Console C., Di Santo D., Gentile C., Logiudice L., Posillico M., Sammarone L., Ciucci P., 2019. [*Linee guida per una gestione forestale compatibile con la conservazione dell'orso bruno marsicano*](#). Forest@ 16: 66-73.
- Scrinzi G., Clementel F., Colle G., Corona P., Floris A., Maistrelli F., Chirici G., Mura M., Oradini A., Bertani R., Barbatì A., Quatrini A., Marchetti M., 2013. [*Impiego di dati LiDAR di pubblica disponibilità per il monitoraggio forestale a grande e piccola scala: il progetto ITALID*](#). In: “Atti del IX Congresso Nazionale SISEP”. Bolzano (Italy) 16-19 Set 2013.
- Scrinzi G., Floris A., Clementel F., Bernardini V., Chianucci F., Greco S., Michelini T., Penasa A., Puletti N., Rizzo M., Turco R., Corona P., 2017. [*Modelli di stima del volume e delle fitomasse del soprassuolo arboreo delle principali formazioni forestali della Calabria mediante dati LiDAR*](#). Forest@ 14: 175-187
- Simberloff D., 1999. *Biodiversity and Bears - a conservation paradigm shift*. Ursus, 11, 21-28.
- Sitzia T., 2009. *Analisi degli habitat forestali: utilizzo del Modello Digitale delle Chiome (DCM)*. Sherwood, Foreste ed alberi oggi, 156, 31-34.
- Wulder M. A., White J. C., Nelson R. F., Naesset E., Ørka H. O., Coops N. C., Hilker T., Bater C. W., Gobakken T., 2012. *Lidar sampling for large-area forest characterization: A review*. Remote Sensing of Environment, 121, 196-209.
- UNEP, 2019. [*Ecological Connectivity: A bridge to preserving biodiversity*](#). In: Frontiers 2018/19 Emerging Issues of Environmental Concern. United Nations Environment Programme, Nairobi.

SERVIZI ECOSISTEMICI DEGLI IMPIANTI DI FITORISANAMENTO

[Massimo Fagnano](#)

Università degli Studi di Napoli Federico II - Dipartimento di Agraria

Abstract: Il progetto LIFE-Ecoremed ha consentito di validare un protocollo per caratterizzazione, analisi rischi e risanamento di suoli contaminati con tecniche ecocompatibili quali la bio- e la phyto-remediation, contribuendo a fornire la base scientifica del recente regolamento per la bonifica delle aree agricole (DL 46 del 1/3/2019). La vegetazione poliennale (prati, pioppi, canneti) è risultata lo strumento più efficace per bonifica (eliminazione della frazione biodisponibile dei contaminanti), messa in sicurezza (impedimento della dispersione dei contaminanti verso altri compartimenti ambientali) e ripristino dei servizi ecosistemici dei suoli contaminati (produzione biomasse, protezione falde, stoccaggio C, miglioramento paesaggio, servizi culturali ed educativi), nonché per la protezione delle opere di messa in sicurezza delle discariche.

Parole chiave: bonifica, messa in sicurezza, suoli agricoli, vegetazione poliennale.

Ecosystem services of phytoremediation plants

LIFE-Ecoremed project validated a protocol for the characterization, risk assessment and remediation of contaminated sites through environmental friendly techniques such as bio- and phyto-remediation. It contributed to provide a scientific basis to the recent Italian Regulation for the remediation of agricultural soils (DL 46 del 1/3/2019). Multi-year vegetation (meadows, poplar woods and reeds) resulted as the most efficient tool for the extraction of the bioavailable fraction of contaminants. Furthermore, it proved to be the most efficient safety measurement to prevent the movement of contaminants to other environmental compartments. Finally, it resulted as the most efficient solution for the ecosystem services restoration in contaminated sites (biomass production, aquifer protection, C storage, landscape quality improvement, cultural and educational services) and for the protection of the works aimed at landfill securing.

Key words: remediation, securing, agricultural soils, multi-year vegetation.

INTRODUZIONE

Il suolo è al centro di tutte le funzioni ambientali degli ecosistemi terrestri e svolge un ruolo insostituibile nella produzione di alimenti e di altre biomasse come fibre e legname, ma fornisce anche servizi per la protezione delle acque sotterranee dalla contaminazione, lo stoccaggio di carbonio e, conseguentemente, per la mitigazione dei cambiamenti climatici, e per la preservazione della biodiversità microbica, animale e vegetale.

In suolo, in quanto soggetto a processi di

formazione estremamente lenti, è da considerarsi una risorsa non rinnovabile, rendendo pertanto estremamente grave la sua perdita. Per questo, è importante risanare i suoli degradati e/o contaminati con l'obiettivo di ripristinare le sue capacità di fornire servizi di tipo ecologico, economico e sociale.

Il progetto [LIFE ECOREMED \(ECOREMED, 2017\)](#) ha consentito di validare, sia a scala pilota che di pieno campo, un protocollo per la caratterizzazione e il risanamento dei suoli

contaminati mediante tecniche ecocompatibili basate sulla conservazione della risorsa suolo (Fagnano, 2018), contribuendo, inoltre, a fornire la base scientifica del recente regolamento per la bonifica delle aree agricole ([D.M. 1° marzo 2019, n.46](#)).

Le specie più efficienti nel garantire queste azioni di risanamento sono risultate quelle poliennali che hanno consentito di migliorare diversi servizi ecosistemici come l'accumulo di carbonio nel suolo grazie alla riduzione delle lavorazioni, la protezione del suolo dall'erosione grazie alla maggiore la copertura del suolo e all'effetto lettiera (Fagnano et al., 2015), nonché il miglioramento della diversità biologica e paesaggistica (Zucaro et al., 2015). Va anche considerata la maggiore protezione delle falde dalla lisciviazione dei contaminanti, dovuta al maggiore assorbimento da parte degli apparati radicali (Palladino et al., 2018). Infine, la trasformazione delle aree contaminate in boschi, parchi, tappeti erbosi, ha consentito anche di sviluppare servizi ecosistemici di tipo culturale ospitando, ad esempio, scolaresche per attività di educazione ambientale.

Tecniche ecocompatibili per la bonifica e la messa in sicurezza dei suoli contaminati

Il termine fitorimedio si riferisce ad un insieme di tecniche di coltivazione di piante finalizzate a ridurre la concentrazione o il rischio legato alla presenza di contaminanti organici ed inorganici. In un'ottica più ampia gli obiettivi del fitorimedio possono essere definiti, in accordo con la legislazione italiana, come:

- bonifica, con fitoestrazione assistita ed accumulo di metalli nella vegetazione;
- messa in sicurezza, grazie all'interruzione dei

percorsi di esposizione con fitostabilizzazione;

- ripristino ambientale, per il miglioramento della fertilità globale del suolo e dei suoi servizi ecosistemici.

Visconti et al. (2019) hanno proposto di effettuare analisi preliminari della flora spontanea e del rizosuolo dei siti contaminati al fine di selezionare le specie autoctone più idonee sulla base dei coefficienti di bioconcentrazione (rapporto tra concentrazione dei contaminanti nella biomassa aerea e nel suolo) e dei fattori di traslocazione (rapporto tra concentrazione dei contaminanti nelle radici e nella parte aerea). Specie con coefficienti di bioconcentrazione più alti sono state ritenute più adatte alla fitoestrazione della frazione biodisponibile dei contaminanti e quindi alla bonifica dei siti, mentre specie con fattori di traslocazione più bassi sono state ritenute più adatte alla fitostabilizzazione e quindi alla messa in sicurezza dei siti contaminati.

La fitoestrazione consiste nel favorire il trasferimento di contaminanti inorganici dal suolo ad organi facilmente raccogibili con le ordinarie tecniche agronomiche quali fusti, culmi e foglie e, in alcuni casi, anche parte ipogea (Proietti et al., 2016; Fiorentino et al., 2017). In questo modo si concentrano gli inquinanti in una biomassa facilmente gestibile e smaltibile. L'utilizzo di specie particolarmente affini a specifici metalli e di tecniche agronomiche orientate all'incremento dell'accumulo nei tessuti vegetali della frazione biodisponibile dei contaminanti, consente di portarne le concentrazioni nel suolo al di sotto delle soglie di rischio.

Le specie più idonee per la fitoestrazione devono quindi preferibilmente presentare le seguenti caratteristiche: tolleranza ad alte concentrazioni di

metalli, accumulo nei tessuti che saranno prelevati con le raccolte, rapido tasso di crescita, elevata produzione di biomassa, apparato radicale ben sviluppato, facilità di gestione culturale, proprietà geneticamente stabili, eventuale interesse economico della biomassa, non pabularità (non gradite agli animali al pascolo).

Nel risanamento di suoli agrari, va considerata la possibilità di utilizzare colture forestali allevate ad alta densità (*Short Rotation Forestry*) o anche ad alto fusto che hanno tutte le caratteristiche su elencate (es. Pioppo, Eucalyptus e Salice). In questo modo si ottiene come risultato principale il mantenimento della vocazione agricola di aree

inquinate o potenzialmente tali, nella prospettiva di ritornare all'ordinario utilizzo per produzioni di interesse alimentare una volta che le concentrazioni dei contaminati siano scese al di sotto delle soglie di rischio.

La presenza di un'alta variabilità intraspecifica (Laureysens et al., 2004) ha suggerito la possibilità di realizzare impianti policlonali di specie forestali (French et al., 2006) piuttosto che monoculture al fine di rendere il sistema più resiliente agli stress sia biotici che abiotici. È ormai comprovata anche l'elevata capacità fitoestrattiva di specie erbacee a ciclo annuale appartenenti alla famiglia delle Brassicacee (es. *Brassica juncea* L o senape indiana)



Figura 1. Impianto di messa in sicurezza e bonifica di un sito agricolo contaminato da Cd biodisponibile (pioppo + senape indiana). Sito San Giuseppiello - Giugliano, NA (foto di D. Visconti).

che sono in grado di stoccare nella parte epigea quantità di metallo nettamente superiori a quelle normalmente presenti nelle colture e che possono anche essere coltivate negli interfilari degli impianti forestali durante i primi anni dell'impianto, come fatto nel sito di San Giuseppiello (6,5 ha) in Giugliano in Campania, uno dei siti delle attività di pieno campo del progetto ECOREMED, contaminato da cadmio (Figura 1). Infine, va menzionata la Canna comune (*Arundo donax L.*), che è risultata in grado di produrre elevate quantità di biomassa concentrando in modo preferenziale l'accumulo di metalli nei rizomi che a fine ciclo possono essere rimossi e smaltiti. Questa specie è anche risultata in grado di colonizzare suoli particolarmente degradati di siti utilizzati per lo stoccaggio dei rifiuti. La scelta di specie poliennali ha consentito, inoltre, di limitare il sollevamento e la dispersione delle particelle di suolo contaminato determinando anche la fitostabilizzazione dei contaminanti e quindi la messa in sicurezza del sito.

La fitostabilizzazione consiste nell'interruzione delle vie di esposizione per la popolazione o i lavoratori che frequentano un sito. Uno dei meccanismi principali è l'immobilizzazione della

frazione biodisponibile dei contaminanti attraverso l'assorbimento radicale.

La fitostabilizzazione può avere come obiettivo la limitazione del sollevamento polveri che può essere una via di esposizione predominante in ambiente mediterraneo durante i periodi siccitosi (giugno-agosto): in questi casi vengono selezionate specie capaci di colonizzare rapidamente il suolo in modo da evitare che particelle contaminate vengano trasportate per erosione eolica. La soluzione tecnicamente più efficace è quella di un inerbimento con un miscuglio microterme-macroterme. Questa consociazione è risultata in grado di colonizzare rapidamente il suolo durante il periodo più umido e fresco con l'utilizzo di specie da prato microterme (es. Loietto e Festuca), e di garantire una copertura adeguata durante il periodo estivo grazie a graminacee resistenti allo stress idrico e in grado di formare un tappeto erboso compatto come la Gramigna (*Cynodon dactylon L.*) o il Paspalo (Tabella 2). Un impianto di messa in sicurezza operativa composto da filari di pioppo fitto (sesto 3x1 m) inerbito con un miscuglio di specie pratensi micro e macro-terme è stato approvato in conferenza di servizi dagli Enti competenti della Regione

Specie	PTE estratto	Organi
<i>Populus nigra L.</i> (poplar)	Cd	tronco-foglie
<i>Eucalyptus camaldulensis D.</i>	Cd	tronco-foglie
<i>Salix viminalis L.</i> (willow)	Cd, Zn	tronco-foglie
<i>Arundo donax L.</i> (giant reed)	Cd, Cr	culmo-foglie-rizomi
<i>Brassica carinata A.</i> (Ethiopian mustard)	As, Cd, Cr, Cui, Ni, Pb, Zn	fusto-foglie
<i>Brassica juncea L.</i> (Indian mustard)	As, Cd, Cr, Cui, Pb, Zn	fusto-foglie
<i>Brassica nigra L.</i> (rapeseed)	As, Cd, Cr, Cui, Ni, Pb, Zn	fusto-foglie

Tabella 1. Specie erbacee ed arboree usate per la fitoestrazione (da Fiorentino et al., 2018).

Specie	Effetti principali
Lignocellulosiche	
<i>Miscanthus sinensis</i> (Silvergrass)	Riduzione della frazione biodisponibile degli EPT Limitazione all'accessibilità del sito
<i>Arundo donax L.</i> (Giant reed)	Riduzione della frazione biodisponibile degli EPT Limitazione all'accessibilità del sito Limitazione dell'erosione eolica
<i>Phragmites australis</i> (Common reed)	Limitazione all'accessibilità del sito
Microterme da prato	
<i>Lolium perenne</i> (perennial ryegrass)	Riduzione sollevamento polveri Riduzione della frazione biodisponibile degli EPT: Cu, Pb, Mn
<i>Poa pratensis</i> (blue grass)	Riduzione sollevamento polveri Riduzione della frazione biodisponibile degli EPT: Mn, Pb
<i>Festuca spp.</i> (fescue)	
<i>Agrostis spp</i> (bent)	
<i>Phleum pratense</i> (timothy grass)	Riduzione sollevamento polveri Riduzione della frazione biodisponibile degli EPT: Cu, Zn, Pb
<i>Bromus inermis</i> (smooth brome)	
<i>Elymus spp</i> (couch grass, wildrye)	
Macroterme da prato	
<i>Paspalum spp.</i> (dallisgrass)	Riduzione sollevamento polveri durante la stagione arida
<i>Cynodon dactylon</i> (bermuda grass)	Riduzione sollevamento polveri durante la stagione arida

Tabella 2. Specie erbacee usate per la fitostabilizzazione (da Fiorentino et al., 2018).

Campania per un [sito industriale di 3.5 ha a Marcianise \(CE\)](#) contaminato da Pb e Cd (Figura 2), un altro dei siti delle attività di pieno campo del progetto ECOREMED.

Le biomasse prodotte negli impianti di bonifica di San Giuseppiello e di messa in sicurezza di Marcianise sono risultate contaminate essenzialmente da cadmio e piombo. In questi casi la tecnica di conversione energetica più ecocompatibile è risultata la pirolisi lenta che ha consentito di accumulare i metalli nel char in forme non mobili e dilavabili (Grottola et al., 2019).

Infine, non è secondaria la necessità di rendere inaccessibili i siti qualora se ne voglia limitare

l'utilizzo improprio o illegale (pascolamento, coltivazione di specie alimentari) garantendone nel contempo il recupero nei tempi necessari: in questi casi si possono scegliere specie a rapida crescita come l'*Arundo donax* (L) o il *Mischantus sinensis* (L) capaci di colonizzare con rapidità il suolo, adattandosi ad ambienti particolarmente asfittici e destrutturati, e capaci di formare, a partire dal 2°-3° ciclo colturale, delle barriere che limitano in modo fisico l'accesso al sito (Figura 3). Nella scelte delle colture, particolare attenzione dovrà essere posta alle specie aliene invasive limitandone l'uso esclusivamente alle aree urbanizzate ed industriali non soggette a normative di protezione e soprattutto evitando

l'uso di specie invasive di rilevanza unionale quali ad esempio l'*Ailanthus altissima* e il *Pennisetum setaceum*.

La efficienza del fitorimedio può essere potenziata con due tecniche agronomiche comunemente utilizzate: la fertilizzazione con matrici compostate e l'inoculo delle radici con funghi micorrizici.

Il compost è un ammendante ottenuto attraverso un processo aerobico di stabilizzazione della sostanza organica di origine vegetale ma anche da scarti organici derivanti dalla raccolta differenziata nei rifiuti solidi urbani.

Il suo utilizzo nei piani di fitorimedio, a dosi generalmente comprese tra le 40 e le 80 t ha⁻¹ in peso fresco, ha avuto come principale effetto il miglioramento della fertilità fisica e biologica del

suolo attraverso i seguenti meccanismi:

- a) miglioramento della struttura grazie agli apporti di sostanza organica humificata che hanno favorito la formazione di aggregati stabili;
- b) potenziamento dell'attività microbica che può servire nel breve periodo ad attivare il metabolismo di degradazione degli inquinanti organici;
- c) attivazione del ciclo dell'N.

L'inoculo con funghi micorrizzici arbuscolari può stimolare l'assorbimento radicale dei contaminanti e ridurne la fitotossicità. Zhang et al., (2018) hanno ottenuto interessanti risultati con *Glomus mosseae* su *Lolium perenne* L., mentre González-Chávez et al. (2019) hanno usato con successo



Figura 2. Impianto di messa in sicurezza di un sito industriale contaminato da Pb e Cd (pioppo + tappeto erboso misto di micro e macroterme). Sito Ecobat, Marcianise, CE (foto di R. Perreca).

Acaulospora spp. and *F. mosseae* BEG25 in programmi di fitostabilizzazione di suoli contaminate da piombo mediante impianti di ricino.

Fungi del genere *Trichoderma* sono ben conosciuti per la produzione di una grande varietà di enzimi depolimerizzanti (Ahamed e Vermette, 2008) che possono essere utili nei programmi di fitorisanamento assistito. Un ceppo molto utilizzato è il *T. harzianum* T22 che ha consentito significative riduzioni di concentrazioni di contaminanti nei suoli coltivati con *Arundo donax* grazie all'aumento dello sviluppo della biomassa ipogea ed al maggior accumulo di contaminanti nei rizomi (Fiorentino et al., 2018).

L'uso della vegetazione per il ripristino ambientale delle discariche

Per la messa in sicurezza delle discariche la

normativa prevede di coprire il corpo rifiuti con una serie di strati impermeabili (*capping*) per impedire, da un lato, la dispersione nell'aria di biogas ed altri composti organici nocivi (quali benzene, BTEX, COV) e, dall'altro, l'infiltrazione dell'acqua piovana nel corpo dei rifiuti che determina la formazione di percolato, che può contaminare le falde acquifere, e il riattivarsi di processi di fermentazione, che possono aumentare le emissioni gassose.

Al di sopra di questi strati è inoltre prevista la messa in opera di un ulteriore strato di 1 m di terreno coperto da vegetazione a protezione delle opere ingegneristiche di impermeabilizzazione ([D.Lgs 36/2003](#)). Le opzioni possibili sono essenzialmente due: lasciare inerbire spontaneamente il terreno sul *capping* oppure realizzare un parco con alberi ed arbusti.

La copertura delle discariche con la vegetazione



Figura 3. Intervento di messa in sicurezza e ripristino ambientale di un sito di stoccaggio di rifiuti (canna comune). Sito di Teverola, CE. (foto di D. Visconti).

erbacea spontanea, anche definita “essenze erbacee autoctone”, rappresenta nel breve periodo la soluzione più economica per la rivegetazione del *capping* delle discariche, ma presenta nel lungo termine elementi di pericolo per la durata e la stabilità degli strati impermeabili del *capping* delle discariche. Infatti, in aree Mediterranee caratterizzate da siccità nei mesi di giugno-settembre, la vegetazione spontanea secca naturalmente lasciando sul terreno una necromassa facilmente infiammabile che rappresenta un efficace innesco per gli incendi, dolosi, colposi o anche accidentali, come è testimoniato dal fatto che nell'area vasta di Giugliano (Napoli) durante tutte le estati degli ultimi anni sono stati denunciati numerosi incendi della vegetazione di copertura delle discariche.

Inoltre, questa tipologia di vegetazione non protegge il terreno nei mesi in cui si concentra l'erosione idrica del terreno dovuta all'alta intensità delle precipitazioni ossia nei mesi di settembre ed ottobre (Diodato et al., 2009), per cui lo strato di terreno nelle scarpate delle discariche con maggiore pendenza si assottiglia progressivamente fino a scoprire la guaina che garantisce l'impermeabilizzazione quindi la messa in sicurezza del corpo dei rifiuti.

Pertanto, i frequenti incendi estivi possono facilmente propagarsi alla guaina scoperta vanificando quindi l'intera opera di impermeabilizzazione per la messa in sicurezza, in quanto le acque di pioggia potranno nuovamente infiltrarsi nel corpo dei rifiuti e quindi determinare la formazione di nuovo percolato e la riattivazione dei processi microbici che producono biogas pericolosi. I rischi per la salute e per l'ambiente legati a queste emissioni determinerebbero quindi la necessità di rifare nuovamente le opere di

massa in sicurezza con notevoli oneri a carico dello Stato.

Invece, la copertura delle discariche con parchi realizzati con vegetazione arborea ed arbustiva e con l'inerbimento con specie macroterme a bassissimo indice di infiammabilità (Caredda et al., 2004) come le varietà da prato ornamentale di *Cynodon dactylon* (comunemente conosciuta come gramigna o bermudagrass) risulta la soluzione più efficiente per la protezione delle opere di impermeabilizzazione per la messa in sicurezza per diversi motivi quali:

- la continua copertura del suolo aumenta la protezione del suolo dall'erosione idrica nei versanti laterali delle discariche a maggiore pendenza;
- la presenza di impianti di irrigazione e l'opera dei giardiniere per la tosatura del prato e la cura di alberi ed arbusti, impedisce l'essiccazione della vegetazione e la formazione di necromassa riducendo il rischio di incendi di natura dolosa, colposa o anche accidentale;
- la trasformazione della discarica in un parco, come fatto in tutto il mondo per garantire il miglioramento della qualità della vita e dell'ambiente (Simis e Arifin, 2016), favorisce la frequentazione del sito da parte sia dei giardiniere che della popolazione a fini educativi (visite di scolaresche), ricreativi (passeggiate, eventi, mercatini), sportivi (trekking), culturali (concerti, mostre d'arte, spettacoli teatrali).

La realizzazione di parchi vegetati sulle discariche è anche fondamentale perché modifica la percezione da parte dei cittadini del sito che da simbolo di degrado, di rischi per la salute, di bruttezza può essere trasformato in simbolo di

rinascita e di bellezza che restituisce la sua dignità a tali paesaggi ([La Repubblica, 2019](#); [Rai news, 2019](#)). Ciò può consentire di evitare il ben noto e documentato fenomeno della finestra rossa, che stimola comportamenti antisociali (Kelling e Wilson, 1982) e diffusione di ulteriore degrado (Keizer et al., 2008).

CONCLUSIONI

La risorsa suolo è troppo preziosa per gli equilibri dell'ecosistema e per lo sviluppo sostenibile della Società, per rassegnarsi all'idea di danneggiarla, distruggerla o cancellarla del tutto anche nel caso di suoli contaminati.

L'esperienza del progetto LIFE ECOREMED, ha consentito di mettere a punto e validare a scala di pieno campo in diversi siti campani, tecniche ecocompatibili di risanamento ambientale che consentono di coniugare la esigenza di proteggere della salute umana (eliminando dai suoli la frazione biodisponibile e quindi pericolosa per la salute e per l'ambiente dei contaminanti oppure interrompendone il percorso di esposizione dal suolo al corpo umano) con l'esigenza di difendere e ripristinare i servizi ecosistemici dei suoli ancorché contaminati e/o degradati.

La vegetazione poliennale (essenze forestali, prati permanenti, canneti) è risultata la più adatta a conseguire entrambi questi obiettivi, attraverso meccanismi di fitoestrazione ed accumulo nelle biomasse della frazione biodisponibile dei contaminanti, e di fitostabilizzazione grazie alla completa e continua copertura del suolo che impedisce il sollevamento e la dispersione nell'ambiente delle particelle si suolo contaminate. La fertilizzazione con compost e l'inoculo di funghi micorrizici ha consentito di migliorare la crescita delle piante e di potenziarne l'attività di

risanamento.

Le specie poliennali consentono di ottenere anche altri importanti servizi ecosistemici, come lo stoccaggio di carbonio nel suolo, l'aumento della biodiversità, la protezione delle falde dalla lisciviazione dei contaminanti, il miglioramento del paesaggio. Infine, l'uso della vegetazione per la realizzazione di parchi sulle discariche, può fornire anche servizi ecosistemici culturali, estetici, ricreativi ed educativi, che rappresentano il principale disincentivo verso la diffusione del degrado ed anzi incentivano la difesa da parte della popolazione stessa del sito che ritorna a diventare un paesaggio identitario da vivere e proteggere.

BIBLIOGRAFIA

Ahamed A., Vermette P., 2008. *Culture-based strategies to enhance cellulase enzyme production from Trichoderma reesei RUT-C30 in bioreactor culture conditions*. Biochem. Eng. J. 40: 399–407.

Caredda S., Franca A., Nieddu S., Stangoni AP., Saba P., Dettori D., 2004. *Inerbimento delle bande parafuoco in aree forestali mediterranee. Inerbimenti tecnici di recupero ambientale. Inerbimenti e tappeti erbosi*. Quaderni di divulgazione scientifica vol. 2: 45-51.

Diodato N., Fagnano M., Alberico I., 2009. *ClifEM – Climate Forcing and Erosion Response Modelling at Long-Term Sele River Research Basin (Southern Italy)*. Natural Hazard Earth System Sci 9: 1693-1702.

ECOREMED, 2017. [Manuale operativo per il risanamento ecocompatibile dei suoli degradati](#).

Fagnano M., 2018. *Definition of a site as contaminated: problems related to agricultural soils*. Ital J Agron 13 (s1):1-5.

Fagnano M., Impagliazzo A., Mori M., Fiorentino N., 2015. *Agronomic and environmental impacts of giant reed (*Arundo donax L.*): results from a long-term field experiment in hilly areas subject to soil erosion.* Bioenergy Res 8:415-422.

Fiorentino N., Ventorino V., Rocco C., Cevinzo V., Agrelli D., Gioia L., Di Mola I., Adamo P., Pepe O., Fagnano M., 2017. *Giant reed growth and soil biological fertility in assisted phytoremediation of an industrial polluted soil.* Sci Total Environ 575: 1375-1383.

Fiorentino N., Mori M., Cevinzo V., Duri L.G., Gioia L., Visconti D., Fagnano M., 2018. *Assisted phytoremediation for restoring soil fertility in contaminated and degraded land.* Ital J Agron 13 (s1):34-44.

French C.J., Dickinson N.M., Putwain P.D., 2006. *Woody biomass phytoremediation of contaminated brownfield land.* Environ. Pollut. 141: 387-395.

González-Chávez M.d.C.A., Carrillo-González R., Cuellar-Sánchez A., Delgado-Alvarado A., Suárez-Espinosa J., Ríos-Leal E., Solís-Domínguez F.A., Maldonado-Mendoza I.E., 2019. *Phytoremediation assisted by mycorrhizal fungi of a Mexican defunct lead-acid battery recycling site.* Sci. Total Environ. 650: 3134-3144.

Grottola C.M., Giudicianni P., Pindozzi S., Stanzione F., Faugno S., Fagnano M., Fiorentino N., Ragucci R., 2019. *Steam assisted slow pyrolysis of contaminated biomasses: Effect of plant parts and process temperature on heavy metals fate.* Waste Manag. 85:232-241.

Keizer K., Lindenberg S., Steg L., 2008. *The spreading of disorder.* Science, 322, 1681-5.

Kelling G.L., Wilson J.Q., 1982. *Broken Windows: The police and neighborhood safety.* Atlantic Monthly, March 1, 1982: 29-38.

Laureysens I., Blust R., De Temmerman L.,

Lemmens C., Ceulemans R., 2004. *Clonal variation in heavy metal accumulation and biomass production in a poplar coppice culture. II. Seasonal variation in leaf, wood and bark concentrations.* Environ. Pollution 131: 485-494.

Palladino M., Nasta P., Capolupo A., Romano N., 2018. *Monitoring and modelling the role of phytoremediation to mitigate nonpoint source cadmium pollution and groundwater contamination at field scale.* Ital J Agron 13(s1):59-68.

Proietti S., Moscatello S., Fagnano M., Fiorentino N., Impagliazzo A., Battistelli A., 2016. *Chemical composition and yield of rhizome biomass of *Arundo donax L.* grown for biorefinery in the Mediterranean environment.* Biomass Bioenergy 107:191-197.

Simis M., Arifin A.A.K., 2016. *From Ex-landfill to Public Park: Impact on Local Community's Quality of Life and Living Environment.* Procedia - Social and Behavioral Sciences 222:763-771.

Visconti D., Fiorentino N., Caporale A.G., Stinca A., Adamo P., Motti R., Fagnano M., 2019. *Analysis of native vegetation for detailed characterization of a soil contaminated by tannery waste.* Environ. Pollut. 252: 1599-1608.

Zhang H., Xu N., Li X., Long J., Sui X., Wu Y., Li J., Wang J., Zhong H., Sun G.Y., 2018. *Arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus mosseae*) improves growth, photosynthesis and protects photosystem II in leaves of *Lolium perenne L.* in cadmium contaminated soil.* Front. Plant Sci. 9: 1156.

Zucaro A., Forte A., Fagnano M., Bastianoni S., Basosi R., Fierro A., 2015. *Comparative attributional life cycle assessment of annual and perennial lignocellulosic feedstocks production under mediterranean climate for biorefinery framework.* Integrated Environ Assess Manag 11: 397-403.

PIANIFICAZIONE URBANISTICA, INFRASTRUTTURE VERDI E PSR: L'APPROCCIO INNOVATIVO DEL PIANO URBANISTICO DI REGGIOLO (RE)

Giovanni Trentanovi¹, Carlo Santacroce², Andrea Rizzi¹

¹ Università degli Studi di Padova - Dipartimento TESAF

² Architetto urbanista

Abstract: Il quadro comunitario di programmazione sostenibile mette al centro la tutela del capitale naturale; vi è quindi la necessità che gli strumenti di pianificazione urbanistica siano coerenti con esso e diano attuazione agli indirizzi strategici, ciascuno per il loro ambito di competenza. Il processo pianificatorio del PUG di Reggiolo (RE) rappresenta un buon esempio di pianificazione sostenibile e integrata, veicolando la possibilità di ottenere finanziamenti dal Piano di Sviluppo Rurale (PSR) finalizzati ad incrementare la naturalità diffusa del territorio comunale. Obiettivo del progetto è infatti il rafforzamento dell'infrastruttura verde urbana, attraverso la progettazione partecipata di nuovi boschi di pianura e di altri ambienti naturali e seminaturali di elevato valore ecologico.

Parole chiave: infrastruttura verde urbana, piano urbanistico, pianificazione integrata, sviluppo sostenibile.

Urban planning, green infrastructures and Rural Development Programme (RDP): the novel approach of the urban plan of Reggiolo (RE)

The European framework on sustainable development focuses on the natural capital protection. Therefore, the urban planning tools must be consistent with it while implementing the environmental strategies at local scale. The planning process of Reggiolo (RE) is a good example of sustainable and integrated planning, with the possibility to obtain Rural Development Programme (RDP) funds, aiming at increasing the natural capital in an urban-rural area characterised by low biodiversity. The RDP measure provides nature-based solutions to protect and enhance biodiversity in lowland intensive farming areas, providing a landscape mosaic of new forest, meadows and wetland habitats of high biodiversity value. Moreover, the project was designed through a participatory process.

Key words: urban green infrastructures, urban plan, integrated planning, sustainable development.

INFRASTRUTTURE VERDI E PIANIFICAZIONE

Uno dei punti fondamentali nella politica dell'Unione Europea per il periodo di programmazione 2014-2020, in conformità al 7º Programma di Azione per l'Ambiente, adottato con la [Decisione del Parlamento Europeo e del Consiglio n. 1386/2013/UE](#), è quello di incrementare l'adattamento delle città al

riscaldamento globale. In una prospettiva di più lungo termine, la sfida di fermare il consumo di suolo e di capitalizzare, in termini ambientali, lo spazio dedicato alla natura nella città gioca un ruolo essenziale ([Science for Environment Policy, 2016](#)). L'infrastruttura verde, così come definita dalla Commissione Europea ([Commissione Europea, 2013](#)), ha un ruolo fondamentale nell'attuazione delle politiche a differenti livelli di

scala territoriale. Vari rapporti e linee guida nazionali (Chiesura, 2010 e 2016) che si sono succeduti nell'ultimo decennio e la recentissima [Strategia europea per la biodiversità fino al 2030](#) [Riportare la natura nelle nostre vite \(COM\(2020\) 380 final\)](#) indicano chiaramente infatti che la salubrità e la sostenibilità ambientale passano attraverso la ridefinizione e la progettazione degli spazi aperti urbani e periurbani attraverso *nature based solutions* che portino ad un significativo incremento della naturalità diffusa. Per raggiungere tale obiettivo è necessario il coinvolgimento di discipline quali l'ecologia e la pianificazione urbanistica.

Sono diversi gli strumenti di finanziamento dell'UE che possono essere utilizzati per contribuire alla realizzazione e al miglioramento fisico e funzionale delle infrastrutture verdi. Il [Fondo europeo di sviluppo regionale \(FESR\)](#) e il [Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale \(FEASR\)](#), ad esempio, offrono un ampio ventaglio di strumenti che possono essere utilizzati per ottimizzare i collegamenti fisici e funzionali e per ripristinare gli ecosistemi naturali nei territori aperti. Possono altresì essere impiegati per sostenere la diversificazione economica degli utilizzi del suolo e per creare aree multifunzionali ad alto valore ecosistemico. Tali strumenti possono essere utilizzati da soggetti pubblici (dai Comuni alle Regioni), da privati o da società consortili (es. gruppi di azione locale). Gli attori del settore privato stanno inserendo, inoltre, nei loro progetti di sviluppo, misure volte a controbilanciare la perdita di biodiversità nell'ambito dei programmi di responsabilità sociale delle imprese.

Il [Programma di Sviluppo Rurale \(PSR\)](#), finanziato dal sopracitato FEASR, sebbene abbia tra i

principali destinatari le aziende agricole, favorisce anche altri soggetti quali consorzi, enti di ricerca e formazione, istituzioni private e pubbliche. In più, nell'arco delle programmazioni che si sono succedute nel tempo, sono sempre maggiori le misure ad indirizzo agro-ambientale per la tutela del paesaggio e della biodiversità (Lasorella et al. 2017). Tali misure godono di una sempre maggiore attenzione e, di conseguenza, di una migliore dotazione finanziaria rispetto al passato; l'obiettivo di una migliore allocazione delle risorse coinvolge il lavoro delle istituzioni, del mondo delle associazioni e delle categorie ed è di fondamentale importanza per avvicinare il settore produttivo con quello politico e decisionale (Bertocchi e Comini 2019). Il Piano di Sviluppo Rurale 2014-2020 della Regione Emilia Romagna investe, tra le altre, sulla sostenibilità ambientale dei processi produttivi quale elemento chiave per la valorizzazione delle produzioni, la tutela delle risorse naturali, l'adattamento e la mitigazione dei cambiamenti climatici, nonché per la valorizzazione delle foreste e lo sviluppo delle agro-energie (si veda la [Decisione della Commissione Europea C\(2020\) 2184 final del 3 aprile 2020](#), successivamente acquisita con [delibera di Giunta regionale n. 322 dell'8 aprile 2020](#)). In particolare, nella Focus area P4A, la Regione si adopera per la salvaguardia, il ripristino e il miglioramento della biodiversità.

In tale quadro comunitario, nazionale e regionale di programmazione sostenibile che mette al centro il territorio e l'ambiente, si inserisce la pianificazione urbanistica, con la recente legge della Regione Emilia-Romagna [n.24 del 21 dicembre 2017 - Disciplina regionale sulla tutela e l'uso del territorio](#). Essa nasce dalla dichiarata esigenza di confrontarsi con un contesto

completamente mutato e dall'analisi delle difficoltà riscontrate nell'utilizzo del precedente disposto normativo ([L.R. 20/2000](#)). La nuova legge individua nella Strategia per la Qualità Urbana ed Ecologico-Ambientale del Piano Urbanistico Generale (PUG) l'elemento cardine di tutte le politiche di Piano e non solo. Ad essa infatti è affidato l'impegnativo compito di “*perseguire l'obiettivo di rafforzare l'attrattività e competitività dei centri urbani e del territorio, elevandone la qualità insediativa ed ambientale tramite: la crescita e qualificazione dei servizi e delle reti tecnologiche, l'incremento quantitativo e qualitativo degli spazi pubblici, la valorizzazione del patrimonio identitario, culturale e paesaggistico, il miglioramento delle componenti ambientali, lo sviluppo della mobilità sostenibile, il miglioramento del benessere ambientale e l'incremento della resilienza del sistema abitativo rispetto ai fenomeni di cambiamento climatico e agli eventi sismici*

Successivamente, anche sulla base della sperimentazione che ha interessato l'elaborazione dei primi piani urbanistici di nuova generazione, la Regione Emilia Romagna ha emanato un atto di coordinamento tecnico ([delibera di Giunta regionale n. 2135 del 2019](#)) per indirizzare l'elaborazione della Strategia per la Qualità Urbana ed Ecologico-Ambientale e la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) del PUG. In questo documento si afferma ancora più esplicitamente la centralità delle tematiche ambientali da affrontare all'interno del processo pianificatorio, prevedendo ad esempio l'introduzione di un'innovativa diagnosi dello scenario attuale e dello scenario di riferimento, chiamata ad indirizzare, in un'ottica di ampia sostenibilità, le strategie del Piano.

L'atto evidenzia come il PUG debba giungere a

determinare sia obiettivi di tutela, salvaguardia e protezione, che obiettivi finalizzati all'attuazione di azioni positive. Tra queste viene esplicitamente riportato il “[...] progetto di una infrastruttura verde con specifici caratteri e funzioni”.

APPROCCIO METODOLOGICO E OBIETTIVI

Il presente contributo illustra il processo pianificatorio integrato che è stato adottato nel PUG di Reggiolo (RE) e che ha portato all'ottenimento di un finanziamento PSR per un progetto di rinaturalizzazione di un'area agricola di ca. 2.5 ha, con l'obiettivo di rafforzare l'infrastruttura verde comunale e i servizi ecosistemici da essa erogati.

Descrizione dell'area

L'area Gorna si localizza nella fascia compresa tra la strada Cispadana e l'area industriale Gorna di Reggiolo, a nord della strada Pirona, lungo il canale Gorna, canale promiscuo principale gestito dal Consorzio di Bonifica Terre dei Gonzaga in destra Po (Figura1). La superficie è di 24.560 mq (dato catastale). L'area è identificata nel catasto terreni come “seminativo irriguo”. Proprietario dell'area è attualmente il Comune di Reggiolo, a seguito dell'acquisizione avvenuta in data 22 luglio 2019.

Sinergia tra strumentazione urbanistica e PSR: dal PRG al PUG, “intercettando” il PSR

Il [Piano Regolatore Generale](#) (PRG) del Comune di Reggiolo, redatto ai sensi della Legge 17 agosto 1942, n.1150 e successive modificazioni, e della Legge Regionale 7 dicembre 1978 n. 47 e successive modificazioni, è entrato in vigore nel 2000 ed è stato oggetto di numerose varianti.

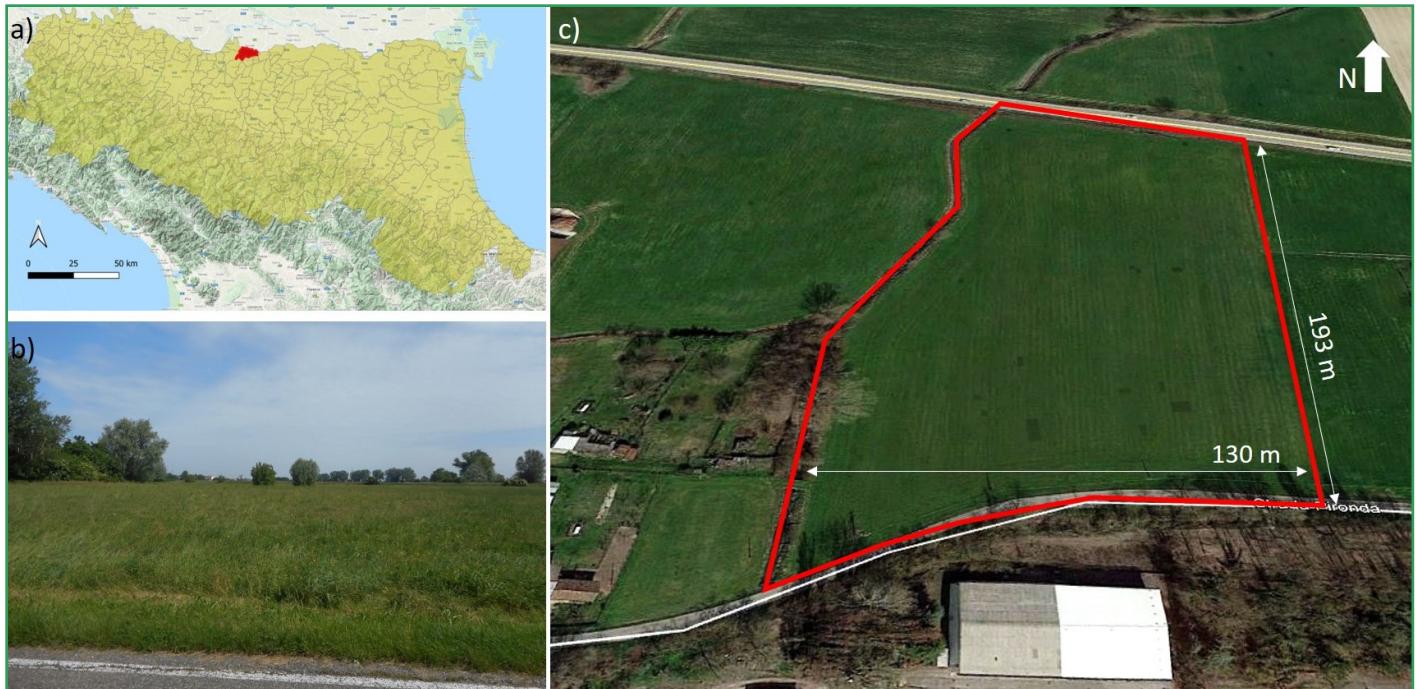


Figura 1: (a) Inquadramento regionale del Comune di Reggiolo (in rosso) (elaborazione degli Autori tramite Geoportale Regione Emilia-Romagna); (b) immagine dell'area Gorna da strada Pironda (foto di G. Trentanovi); (c) individuazione dell'area su foto aerea (elaborazione degli Autori tramite Google Earth).

L'area era classificata come G3.I “Aree per parchi e verde di quartiere”, ai sensi dell'art. 29.2.3 delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) e soggetta a Piano Urbanistico Preventivo ai sensi dell'art. 27 delle NTA. Per tale zona, il Piano prevedeva che “[...] l'intervento potrà essere esclusivamente di iniziativa pubblica e riguarda la creazione, la difesa e l'incremento del verde, la realizzazione di percorsi pedonali e di sosta, la realizzazione di attrezzature per il gioco e la ricreazione, la realizzazione di servizi igienici e di ripostigli per gli attrezzi da giardino”.

L'area, fino ad allora coltivata da affittuari a seminativo, è stata ceduta al Comune dalla ditta proprietaria, nell'ambito del permesso di Costruire Convenzionato finalizzato all'ampliamento dell'attività produttiva in adiacenza allo stabilimento già esistente, collocato nel polo produttivo a sud di strada Pironda. Per dare attuazione alle previsioni contenute nel PRG vigente, su indicazione dell'Amministrazione

Comunale di Reggiolo e ai sensi dell'art. 4, comma I della LR 24/2017, la ditta ha infatti proceduto alla presentazione della domanda di Permesso di Costruire Convenzionato ([art. 28-bis DPR 380/2001](#)), il cui rilascio di fatto ne costituisce un vero e proprio strumento attuativo corredata da specifica Convenzione Urbanistica.

In parallelo, con deliberazione n. 23 del 10/04/2019 il Consiglio Comunale, a norma dell'articolo 45 comma 9 e articolo 46 comma I della L.R. n. 24/2017, ha adottato la proposta di PUG (il quale sostituisce il PRG). Coerentemente con i dettami della legge urbanistica regionale, il PUG di Reggiolo pone il rafforzamento dei servizi ecosistemici quale obiettivo prioritario e dedica a tale obiettivo particolare attenzione all'interno della Strategia. In essa vengono previste infatti politiche attive di recupero, valorizzazione e fruizione del patrimonio storico ed ambientale oltre ad essere individuati precisi indirizzi di

contenimento della dispersione insediativa e di controllo sulla localizzazione delle nuove eventuali trasformazioni. La macro-strategia di riferimento (Macro-strategia I), denominata “Rafforzamento dei servizi ecosistemici forniti dal territorio rurale ed incremento delle sinergie tra territorio urbano ed extraurbano” prevede il rafforzamento dell’infrastruttura verde comunale. In tale assetto strategico, l’area Gorna è localizzata all’interno dell’unità territoriale B, denominata “di ridefinizione dei margini urbani”; tale unità auspica, per le aree agricole, “[...] interventi di rafforzamento degli elementi naturali e seminaturali presenti (aree umide, boschi, siepi, ecc.) all’interno e

all'esterno del Sito Natura 2000”. Il PUG si compone inoltre del Prontuario Ecologico-Ambientale (PEA), uno strumento di indirizzo che individua alcune aree prioritarie nell’attuazione della rete ecologica locale, quale la medesima area Gorna (Figura 2), in un disegno organico di ricucitura ecologica e paesaggistica dell’intera unità territoriale.

Il Piano urbanistico è andato in particolare a mutare radicalmente, anche in attuazione degli indirizzi dati dalla nuova legislazione regionale, le strategie insediative previste dal precedente strumento urbanistico, che prevedeva l’ampliamento della zona produttiva a nord della via

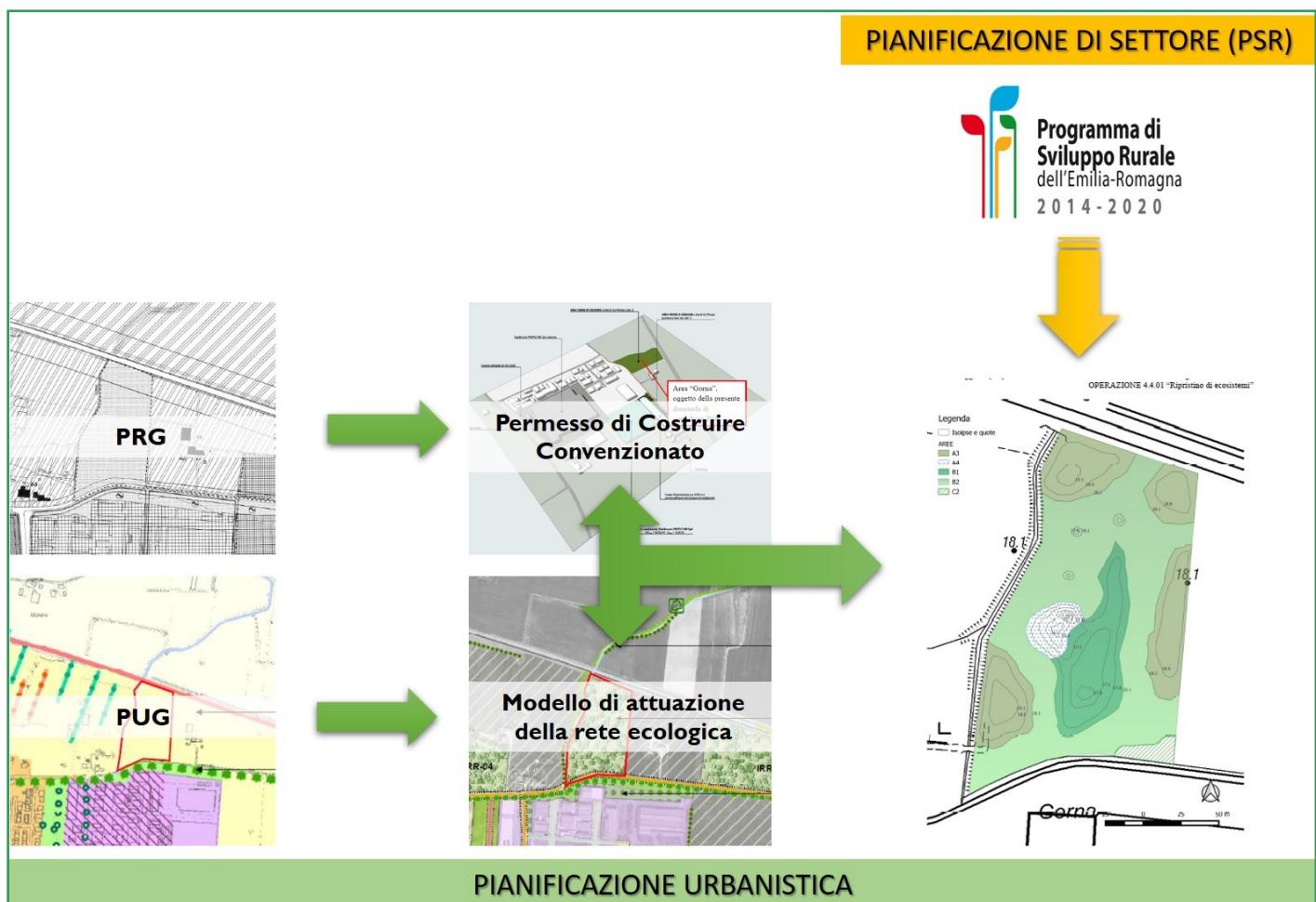


Figura 2: Processo di coordinamento tra le azioni derivanti dalla pianificazione passata (PRG attuato nella fase transitoria di entrata in vigore della nuova legge) con le strategie derivanti dal nuovo PUG e dalla pianificazione di settore (PSR) (elaborazione degli Autori).

Pironda: il nuovo PUG identifica infatti, al contrario, tale asse quale elemento da tutelare e sviluppare nell'ambito dell'infrastrutturazione verde. Ne è derivata una profonda mutazione della natura dell'area oggetto di cessione, il cui utilizzo non avrebbe più potuto essere indirizzato allo sviluppo di verde urbano convenzionale, quanto piuttosto a costituire un tassello organico per il mantenimento e lo sviluppo della naturalità diffusa.

In tale ottica, il Comune di Reggiolo ha quindi presentato domanda di finanziamento PSR (approvata con Determina regionale n° 22517 del 5 dicembre 2019 e attualmente in fase di progettazione esecutiva) per il tipo di operazione "4.4.01 - Ripristino di ecosistemi", appartenente alla Focus area P4A in precedenza richiamata. Tale operazione supporta investimenti non produttivi per il sistema agro-forestale su aree pubbliche fuori dai siti Natura 2000. Ai sensi della Delibera regionale, i beneficiari possono essere soggetti pubblici quali gli enti di gestione delle Aree protette, i Comuni e loro Associazioni, i Consorzi di bonifica, nonché imprenditori agricoli. Nello specifico l'operazione ha come finalità generale quella del miglioramento delle condizioni ambientali del territorio, perseguendo il raggiungimento di uno stato di conservazione soddisfacente della biodiversità attraverso anche la realizzazione di interventi di creazione o di ripristino di ecosistemi naturali in aree agricole.

Dando quindi attuazione e coerenza alla strategia di piano attraverso gli interventi previsti dall'operazione del PSR, la richiesta di contributo ha anche potuto beneficiare, sulla base dei criteri valutativi definiti dal bando, di un punteggio incrementato in riferimento al regime di proprietà pubblica e di localizzazione interna alla rete

ecologica del PUG.

LA COSTRUZIONE DEL PROGETTO

La progettazione partecipata

Gli interventi di progetto prevedono la creazione di habitat planiziali oramai scomparsi o molto frammentati del paesaggio padano. L'area Gorna risulta inoltre in continuità ecologica con il lembo di bosco (denominato "Orto Botanico Planiziale") già presente sul lato opposto della strada di accesso, rafforzando ulteriormente il disegno di infrastruttura verde del territorio comunale. La multifunzionalità del progetto, anche in termini di rafforzamento e valorizzazione delle reti per la mobilità lenta e degli spazi verdi fruibili, si è tradotta in un approccio partecipato alla progettazione, propedeutica al disegno definitivo presentato in sede di domanda PSR. L'area "Gorna" è stata infatti oggetto di una iniziativa promossa dal percorso partecipativo "Spazio ai Giovani" (ai sensi della L.R. 15/2018 e della [D.G. 1763/2018](#)), nel quale tutti i cittadini sono stati invitati ad una passeggiata lungo l'area. Dopo una breve lezione introduttiva da parte dei progettisti sugli scopi e sul quadro pianificatorio in cui il progetto si inseriva, i cittadini presenti hanno espresso la loro idea (sotto forma di disegno) di quale tipo di ambienti naturali o semi-naturali avrebbero voluto vedere realizzati sull'area (Figura 3). L'iniziale progetto è stato quindi successivamente ridefinito sulla base dei desiderata e dei suggerimenti espressi dai cittadini in tale sede. Il progetto definitivo, una volta approvato dalla Regione, è stato pubblicizzato nei canali ufficiali del Comune (pagina Facebook e sito istituzionale). Si sottolinea come vi sia stata una positiva sinergia tra le differenti competenze e ruoli all'interno dell'Ufficio Tecnico comunale (facilitato anche dal



Figura 3. Progetto partecipato "Spazio ai giovani" sull'area Gorna (foto di G. Trentanovi; Disegno realizzato nel progetto partecipato "Spazio ai Giovani" del comune di Reggiolo).

fatto che, date le contenute dimensioni del comune in termini di numero di abitanti, vi fosse un'unica area tecnica), essendo stati coinvolti, in un processo a cascata nelle differenti fasi di lavoro, i referenti dell'urbanistica, dell'ambiente e, infine, dei lavori pubblici. Il progetto esecutivo è correddato da un Piano di manutenzione dell'opera che ha una durata triennale. Nel Piano di manutenzione sono indicate le comuni operazioni colturali, quali sfalci e irrigazioni di soccorso, i cui costi sono parzialmente coperti dal finanziamento regionale. Inoltre il capitolo speciale d'appalto ha previsto una garanzia specifica e aggiuntiva definita garanzia di attecchimento delle piante. Al termine delle operazioni del Piano di manutenzione triennale, gli interventi di cui necessita l'area

potranno essere effettuati con il giusto connubio tra funzionalità ricreativa e naturalità. Per quanto in misura minore rispetto alle aree verdi urbane convenzionali, i percorsi e le aree attrezzate dell'area richiedono interventi periodici di manutenzione così come le aree prative di sfalcio e di mantenimento, che verranno effettuati dall'amministrazione in maniera coordinata con le altre aree verdi del comune.

Il mosaico ambientale

La successione spaziale delle cenesi previste dal progetto comporterà un significativo aumento della biodiversità vegetale e animale. La variabilità degli ambienti di progetto e la loro connessione fisica e funzionale porta infatti ad ottenere habitat

di specie differenti; il disegno "morbido" dei limiti spaziali di ciascuna tessera crea ulteriori nicchie ecologiche per specie di margine e accresce la complessità totale del sistema eco-paesistico. In parallelo, la disposizione dei diversi ambienti nello spazio consente la fruizione dell'area sia a fini didattici e naturalistici che per semplici passeggiate di relax nel verde, in modalità da interferire il meno possibile con habitat e specie ma dando comunque modo al cittadino di avvicinarsi ed immergersi in un ambiente con caratteristiche para-naturali. Nel dettaglio, il progetto (Figura 4) prevede quattro tessere a "boschetto" (cod. tipo A3), lungo il perimetro dell'area, con forme variabili, da quelle più compatte a quelle maggiormente allungate (quest'ultima lungo il

confine est). Un grande "prato umido" (cod. tipo B1) con andamento sinuoso si trova nella porzione centrale dell'area, in adiacenza e connessione funzionale con lo stagno (cod. tipo A4). Tali aree sono immerse in una matrice formata da "complessi macchia-radura" (cod. tipo B2). Una piccola superficie, all'angolo sud-est lungo strada Pirona (in prossimità dell'ingresso dell'Orto Botanico Planiziale), viene adibita ad area di sosta (cod. tipo C2), in corrispondenza del punto di accesso all'area rinaturalizzata. Il sentiero corre lungo il margine del prato umido e del lato ovest del laghetto, in modo da consentire l'osservazione di tutti i tipi di ambiente presenti senza interferire in maniera significativa con gli habitat e le specie. Il sentiero viene corredata da



Figura 4. Progetto di rinaturalizzazione dell'area Gorna: tipologia di ambienti (a) e render indicativo (b) (elaborazione degli Autori).

due pannelli informativi che descrivono il percorso e gli ambienti attraversati, collocati rispettivamente nell'area di sosta lungo la strada e nel tratto centrale del percorso. La morfologia eterogenea dell'area (determinata dalle depressioni nelle aree umide e dalle ondulazioni della morfologia del terreno nelle aree a macchia-radura e a boschetto) rende l'area molto piacevole dal punto di vista estetico-paesaggistico. Con particolare riferimento alla componente arborea-arbustiva, i boschetti si localizzano su dossi (ottenuti dal riporto di terreno prelevato dalle zone di realizzazione dello stagno e del prato umido) di altezze comprese tra 0.5 e 1 m rispetto alla quota campagna. Le specie arboree e arbustive utilizzate sono autoctone ed ecologicamente coerenti con il territorio interessato e scelte dagli elenchi di cui al bando PSR. Le tessere delle superfici a boschetto sono

separate da superfici a macchia-radura, in modo da favorire la presenza di ecotoni e la formazione di ambienti di transizione in cui possono svolgere i propri cicli vitali sia specie legate al prato che al bosco e al prato arbustato. La scelta delle specie è stata anche dettata dalla fioritura e fruttificazione scalare (Tabella 1) al fine di ottenere un incremento della funzione paesaggistica e quale fonte di cibo per l'avifauna.

CONCLUSIONI

Il PUG di Reggiolo ha adottato un approccio integrato attraverso la ricerca delle migliori sinergie possibili tra la nuova pianificazione urbanistica regionale e la pianificazione di settore, al fine di rafforzare l'infrastruttura verde comunale. Questo approccio richiede soprattutto una pianificazione strategica dell'assetto territoriale, che permetta interazioni spaziali tra

Specie	Fioritura													FI	FR
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D			
<i>Quercus robur</i>															
<i>Carpinus betulus</i>															
<i>Acer campestre</i>															
<i>Ulmus minor</i>															
<i>Fraxinus oxycarpa</i>															
<i>Populus nigra</i>															
<i>Ligustrum vulgare</i>															
<i>Cornus sanguinea</i>															
<i>Viburnum lantana</i>															
<i>Corylus avellana</i>															
<i>Euonymus europaeus</i>															
<i>Prunus cerasifera</i>															
<i>Cotinus coggygria</i>															

Tabella 1. Scalarità delle fioriture e cromatismi delle specie arboree e arbustive selezionate (FI: colore fiori; FR: colore frutti) (elaborazione degli Autori).

diverse forme di utilizzo del territorio, da attivare a differenti livelli di scala e attraverso differenti soggetti, istituzionali e non. In tal senso il disegno dell'infrastruttura verde ha rappresentato un caso virtuoso nel veicolare le risorse dell'operazione 4.4.01 "Ripristino di Ecosistemi" del PSR 2014-2020 in maniera funzionale al rafforzamento degli elementi ecologici di progetto e per la fruizione sostenibile degli spazi aperti del territorio comunale.

Ringraziamenti

Si ringrazia tutto il gruppo di lavoro della MATE Soc. coop.va, in particolare l'arch. Chiara Biagi, Andrea Franceschini e l'ing. Giuseppe Federzoni. Si ringrazia il sindaco di Reggiolo Roberto Angeli e l'Ufficio Tecnico, in particolare l'arch. Giulia Ferrarini, Claudio Magnani e Matteo Genovesi per i preziosi consigli, nonché l'ing. Mantovani e l'ing. Leoni del Consorzio di Bonifica Terre dei Gonzaga in Destra Po. Si ringrazia infine l'arch. Nicla Diciommo per i render di progetto dell'area Gorna.

BIBLIOGRAFIA

Bertocchi M., Comini B., 2019. *Biodiversità, connettività ecologica e produttività agricola: le misure agroambientali del programma di sviluppo rurale della Regione Lombardia*. Natura Bresciana 42: 107-110.

Chiesura A., 2010. [Verso una gestione ecosistemica delle aree verdi urbane e peri-urbane](#). Rapporti ISPRA 118/2010, ISPRA, Roma.

Chiesura A., 2016. *Infrastrutture verdi*. In [XII Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano](#). Rapporti ISPRA, Stato dell'Ambiente 67/2016, ISPRA, Roma.

Commissione Europea, 2013. [Green Infrastructure \(GI\): enhancing Europe's natural capital](#). COM/2013/0249 final.

Lasorella M.V., Marandola D., Papaleo A., Monteleone A., 2017. *Agro-environmental-climate payment: a key measure to address the climatic and agronomic challenges in the new RDPS*. In: Ventura F., Seddaiu G., Cola G. (a cura di), 2017. Atti del XX Convegno AIAM e XLVI Convegno SIA. Milano, 12-14 settembre 2017.

Science for Environment Policy, 2016. [No net land take by 2050? Future Brief 14](#). Produced for the European Commission DG Environment by the Science Communication Unit, UWE, Bristol.

VERSO UN PARCO AGROFORESTALE ALLE PORTE DI MILANO: ANALISI E PROPOSTE DI POTENZIAMENTO ECOLOGICO

Gemma Chiaffarelli¹, Ilda Vagge¹

¹ Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Università degli Studi di Milano

Abstract: Le fasce agricole periurbane rivestono un ruolo sempre più riconosciuto nella ricongiunzione territoriale dello sviluppo urbano. Le loro peculiari dinamiche ecologiche ne determinano forti criticità ma anche potenzialità. Una loro corretta progettazione ecologica necessita l'integrazione funzionale dei compatti naturali, agricoli e urbani. In quest'ottica, è stata studiata e applicata ad un'area pilota una metodologia di riferimento, orientata ad includere la complessità delle sue funzioni ecologiche nelle diverse fasi di analisi, valutazione e disegno. Vengono proposte strategie mirate a supportare la stabilità ambientale dell'area, potenziando la coerenza ecologico-paesaggistica degli interventi e mettendone in luce i benefici tramite la valutazione dei servizi ecosistemici generabili.

Parole chiave: ecologia del paesaggio, progettazione agroecologica, servizi ecosistemici, periurbano.

Towards an Agroforestry Park on the outskirts of Milan: analysis and proposals for ecological enhancement

The role of peri-urban rural belts in reconnecting urban development areas is increasingly being recognised. Their peculiar ecological behaviour strongly defines their weaknesses as well as their potentialities. Their consistent ecological design demands to take into account the mutual relations between all of their environmental and anthropic compartments. In this perspective, a reference methodology was studied and applied to a pilot area, aiming at including its ecological functions complexity in the different steps of analysis, assessment and design. Diversified strategic actions were outlined in order to support the environmental stability of the area, enhancing the landscape and ecological consistency of the interventions. A final evaluation of the ecosystem services that can be generated highlighted their positive impacts.

Key words: landscape ecology, agroecological design, ecosystem services, peri-urban.

INTRODUZIONE

Le attuali criticità e sfide di tipo ambientale, economico e sociale dei sistemi metropolitani rendono sempre più necessaria una visione integrata e decentralizzata delle loro policy di sviluppo, in grado di ricongiungere le funzioni urbane con i limitrofi sistemi naturali e agricoli. Le fasce periurbane rivestono in questo senso un ruolo chiave, in quanto sistemi potenzialmente in grado di mitigare e compensare gli impatti e squilibri attuali, nonché in grado di fungere da fulcro per il ripristino di relazioni tra le diverse

funzioni del territorio.

Gli strumenti di indirizzo a livello mondiale ([ONU, 2015](#); [IPCC, 2019](#)), nonché diversi progetti e strategie a livello europeo e nazionale (tra i quali, relativamente all'area di studio, il [Progetto LOTO](#)), stanno sempre più riconoscendo il ruolo di queste interdipendenze e interconnessioni tra sistemi urbani e rurali, supportando visioni strategiche di sviluppo che integrino al loro interno le diverse dimensioni, antropiche ed ecologiche, nell'ottica di uno sviluppo integrato e sostenibile del macro-sistema metropolitano.

In questo senso, la città metropolitana di Milano negli ultimi anni ha adottato diversi strumenti rivolti ad una visione organica, sostenibile e inclusiva delle proprie dinamiche di sviluppo, tra i quali si ricordano il [Milano Food Policy Pact 2015-2020](#) (Comune di Milano, 2015), l'[Accordo Quadro di Sviluppo Territoriale - Milano Metropoli Rurale](#) (Regione Lombardia, 2015), il nuovo [PGT Milano 2030](#) (Comune di Milano, 2019b).

In questo quadro generale, la rigenerazione di aree periurbane necessita l'inclusione concettuale e operativa delle sue diverse dimensioni (ambientale, sociale ed economica) e delle loro mutue relazioni, impatti e benefici reciproci.

Dal punto di vista ecologico, i contesti agricoli periurbani risentono fortemente delle influenze dei sistemi urbani limitrofi. La loro configurazione e la loro funzionalità ecologica sono fortemente dipendenti dalle modalità con cui i propri elementi ambientali entrano in relazione col sistema cittadino. La riqualificazione dei processi ecologici di queste aree necessita l'inclusione di queste interrelazioni nelle diverse fasi, analitica, valutativa e progettuale, a garanzia di una complessiva coerenza ambientale e territoriale degli interventi correttivi, nonché del loro effettivo contributo nell'arco del tempo alle funzioni di mitigazione e riequilibrio ambientale. Sotto questo profilo, le discipline dell'ecologia del paesaggio e della fitosociologia rivestono un importante ruolo, fornendo strumenti idonei per il raggiungimento dei sopracitati obiettivi. Grazie a questa impostazione, gli stessi benefici raggiungibili possono essere valorizzati non solo nella loro dimensione ambientale, ma in tutte le loro ricadute di tipo sociale ed economico, a scala locale e territoriale, andando ad inserirsi in maniera coerente ed efficace nelle politiche di

sviluppo metropolitano.

Sulla base di queste considerazioni, il presente studio è stato incentrato sullo sviluppo di un modello metodologico di riferimento per la progettazione ecologica di contesti rurali periurbani, andando ad applicare su di un'area pilota della periferia milanese delle metodologie valutative e progettuali mirate al potenziamento dei processi ecologici interni e al supporto della stabilità ambientale e capacità di resilienza dell'agroecosistema.

L'area prescelta per lo studio si colloca ai margini Sud-Est della città di Milano, nella prima fascia della Valle della Vettabbia, interna al [Parco Agricolo Sud Milano](#) (Figura 1), un contesto dall'importante substrato storico e ove negli ultimi anni si sono concentrate diverse visioni progettuali volte al ripristino dell'antico ruolo di connessione tra sistema urbano e rurale svolto dalla roggia Vettabbia (Prusicki, 2006; [IReR Lombardia, 1995](#); IReR Lombardia, 1996; IReR Lombardia, 1999-2000). Si tratta di un'area agricola dalle importanti valenze ambientali, ad oggi compromesse da uno sviluppo territoriale mancante di una visione unitaria e mirata ([Prusicki, 2006](#)). Due recenti scenari progettuali si sono in particolare occupati di quest'area: il progetto [Openagri](#) (Longo, 2018), legato al programma europeo [Urban Innovative Actions](#), e i suoi sviluppi in [Milano PortaVerde2030](#) (Comune di Milano, 2019a). Le due visioni progettuali hanno posto le basi teoriche e progettuali per la futura realizzazione di un Parco Agroforestale destinato alla sperimentazione agroecologica. Il presente studio si è posto come integrazione delle progettualità preesistenti, andandone a sviluppare e dettagliare i temi legati alla coerenza ecologica e ambientale.

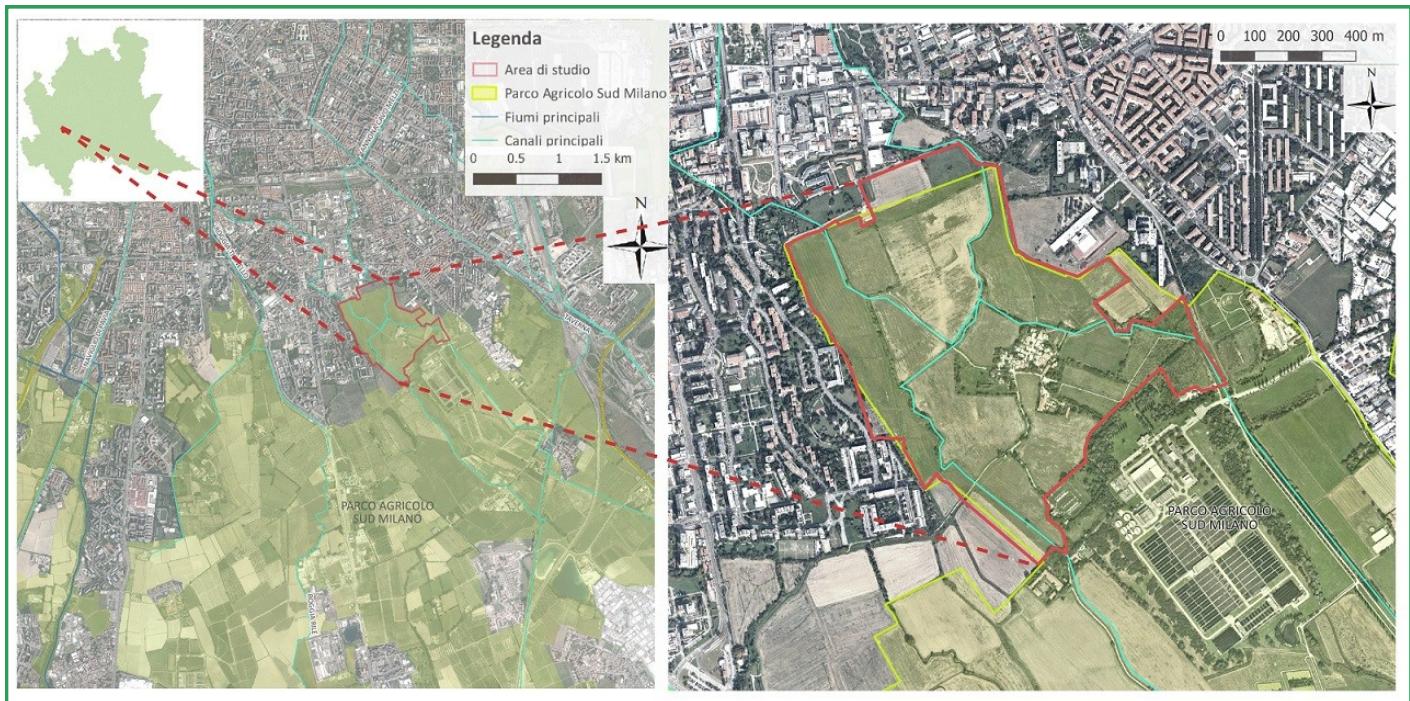


Figura 1. Localizzazione dell'area di studio (fonte: [Geoportale della Lombardia](#), rielaborazione degli Autori).

APPROCCIO METODOLOGICO

In un sistema agricolo, la tendenza dell'ecosistema a crescere in diversità risulta costantemente interrotta e ridotta, a vantaggio di configurazioni più instabili, a elevata produttività ma anche dipendenza da input esterni per il controllo dei meccanismi di regolazione ecosistemici (Gliessman, 2007). Il rapporto territoriale tra funzioni naturali e antropiche risulta sbilanciato.

Ricercare un modello di paesaggio agricolo periurbano maggiormente resistente e resiliente significa mirare a ribilanciare queste funzioni, andando a potenziare la capacità del sistema di sostenere livelli di interazione complessi e processi di autoregolazione dei flussi energetici, biotici e del ciclo della materia (Fabbri, 1997; Gliessman, 2007).

Conseguentemente, la ricerca di un elevato livello di diversificazione (della struttura ed elementi del paesaggio, degli habitat e micro-habitat, dei flussi

energetici e trofici) è stata individuata come strumento chiave di azione correttiva sulle dinamiche ecologiche dell'area (Fabbri, 1997; Battisti, 2004; Gliessman, 2007; Malcevschi et al., 1996; Franco, 2000; Burel, 1992; Baudry e Burel, 1998; Burel, 1996; Forman, 1995; Forman e Godron, 1986). Il focus, in particolare, è stato posto sul sotto-sistema naturale incluso nell'agroecosistema, ovvero sugli elementi semi-naturali presenti o potenziabili, interpretati come unità in grado di interagire sinergicamente con la matrice antropica e agricola.

Complessivamente, il modello di intervento è stato sviluppato, nelle sue diverse fasi, facendo riferimento a tre principali livelli organizzativi: 1. livello di paesaggio; 2. livello di ecotopo; 3. livello di singole specie.

In questa sede, verranno presentati in particolare i principi di valutazione e progettazione adottati per la riconfigurazione degli elementi interpoderali



Figura 2. Impostazione metodologica: le fasi dello studio (fonte: elaborazione degli Autori).

lineari (siepi e filari) e boschivi.

Lo studio è stato organizzato secondo quattro fasi principali (Figura 2).

Analisi preliminari

La prima fase analitica è stata sviluppata con l'obiettivo di mettere in evidenza i caratteri che maggiormente influenzano il comportamento ecologico delle componenti ambientali allo stato attuale.

A seguito di una caratterizzazione di area vasta del sistema territoriale in cui l'area si inserisce, dunque dei suoi aspetti storico-culturali e delle relazioni col più ampio sistema geomorfologico, pedologico, idrico-irriguo [carta geomorfologica, carta pedologica, reticolo idrografico regionale unificato - SIBITeR, SIBA, AIPO - ([Geoportale della Lombardia](#))], climatico (stazione meteorologica di Rodano, [dati ARPA Lombardia](#)) e bioclimatico (Rivas-Martinez et al., 2011; [Global Bio Climatics](#)), sono state studiate le

caratteristiche dei compatti ambientali presenti, con un focus particolare sugli aspetti floristici, vegetazionali, faunistici e paesaggistici.

La caratterizzazione floristica dell'area, basata su rilievi in campo, successiva stesura di una lista floristica e sua interpretazione corologica ed ecologica, ha messo in evidenza una presenza significativa di specie alloctone, 22% di cui il 16% di esotiche invasive (Brusa e Rovelli, 2010; Regione Lombardia, 2008a), caratterizzate dalla preferenza per condizioni di leggera maggiore luce, temperatura e acidità dei suoli secondo gli indicatori biologici di Ellenberg-Pignatti (Pignatti et al., 2005; Domina et al., 2018; Guarino et al., 2012) e una distribuzione delle geofite e terofite correlabile a caratteri di disturbo periodico. Per la nomenclatura delle specie, corotipi e forme biologiche si è fatto riferimento alla Flora d'Italia (Pignatti, 1982; Pignatti et al., 2017-19; [Acta Plantarum](#)).

La vegetazione è stata studiata con il metodo fitosociologico della scuola di Zurigo-Montpellier e la nomenclatura sintassonomica a livello di classe, ordine e alleanza segue il Prodromo della Vegetazione Italiana (Biondi et al., 2014b) e sue successive integrazioni (Biondi et al., 2014a; 2014c; 2015a; 2015b; [Prodromo della vegetazione italiana](#)). La vegetazione presente risulta correlata alla presenza di ecotopi aperti e disturbati, le fitocenosi spontanee hanno struttura degradata e un basso grado di diversificazione, con una buona rappresentazione di specie ruderali e nitrofile, riferibili a stadi iniziali di ricolonizzazione secondaria, ovvero alla serie di sostituzione sinantropica con stadio iniziale a prateria di sostituzione [classe *Galio aparines-Urticetea dioicae* Passarge ex Kopecký 1969 per gli stati di abbandono, alleanza *Arrhenatherion elatioris* Koch 1926 per le cenesi erbacee di prati da sfalcio

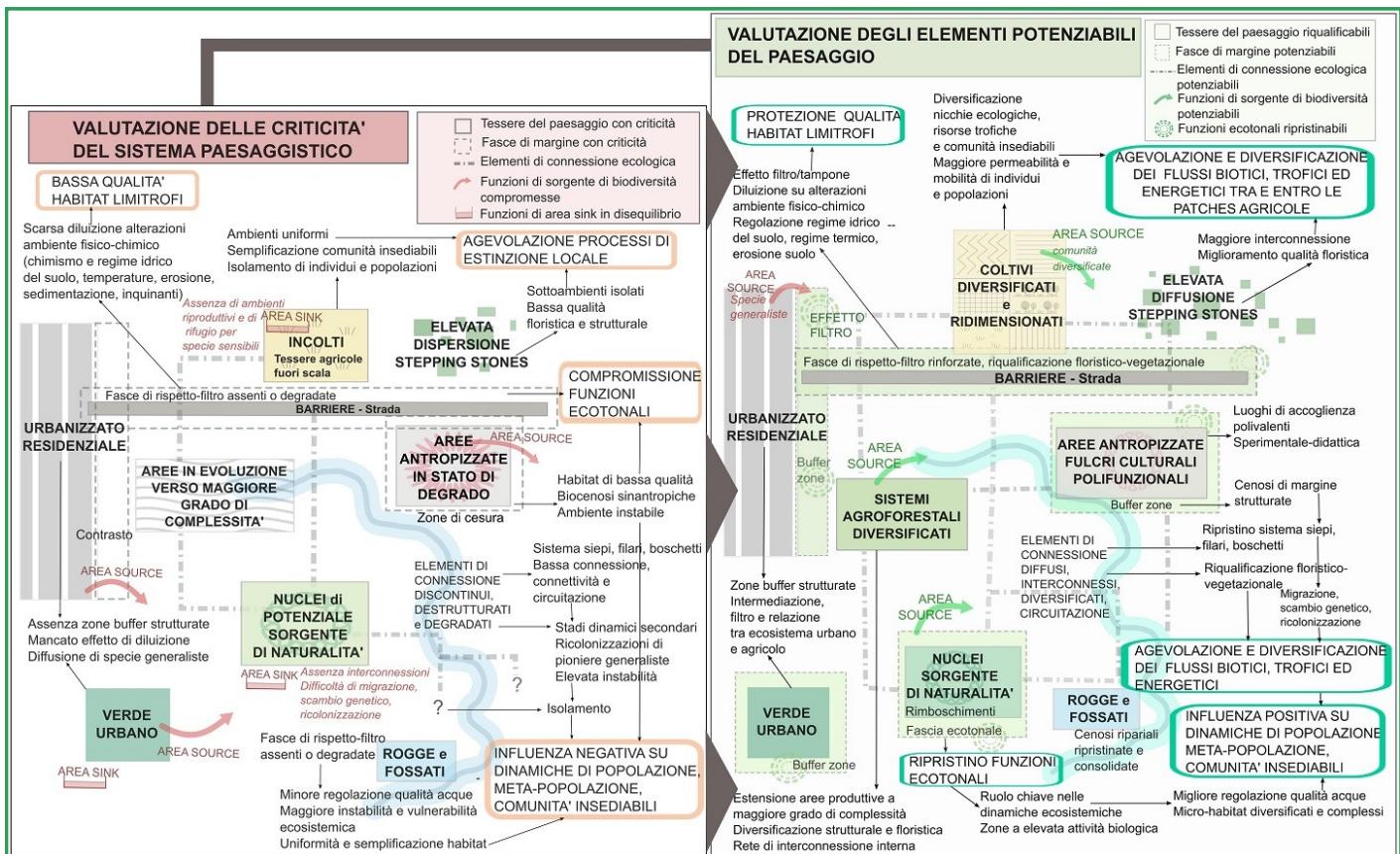


Figura 3. Schemi di sintesi per la valutazione delle criticità attuali e degli elementi potenziabili relativamente al sistema paesaggistico dell'area di studio (elaborazione degli Autori).

(Angelucci, 2011)], mantello a *Rubus ulmifolius* Schott e *Sambucus nigra* L., stadio di pre-bosco e bosco a dominanza di *Robinia pseudoacacia* L. Attraverso la collaborazione con l'associazione FaunaViva, è stato avviato un programma di monitoraggio dell'avifauna ed entomofauna (odoni e lepidotteri ropaloceri), basato su rilievi a cadenza mensile (Progetto POEMA) e mirato a identificare i caratteri attuali delle comunità faunistiche presenti e la loro eventuale risposta nel tempo alle modifiche paesaggistico-ambientali (Baietto et al., 2008; Bani et al., 2016; Battisti, 2004). I risultati sinora disponibili evidenziano la presenza di comunità dominate da specie generaliste, correlabili con un basso grado di complessità ambientale, mettendo inoltre in luce l'influenza dell'assetto attuale dell'area sulla distribuzione delle

specie (analisi spaziale del dato).

A livello paesaggistico, attraverso un'analisi di tipo morfologico-funzionale (Dramstad et al., 1996; Battisti, 2004; Baudry e Burel, 1998; Forman e Godron, 1986), sono stati messi in luce un complessivo basso grado di connessione e connettività, una forte influenza dei parametri di frammentazione e una compromissione generale delle funzioni ecotonali e di tampone/filtro.

Valutazione della funzionalità ecologica

I risultati delle analisi svolte sono stati interpretati attraverso la realizzazione di schemi sinottici mirati a mettere in evidenza le relazioni intercorrenti tra i diversi elementi agroambientali, le loro funzionalità attualmente compromesse e potenziabili e dunque, il loro potenziale

contributo al riequilibrio della funzionalità ecologica complessiva. Ne viene mostrato un esempio, relativo alla configurazione ecologico-paesaggistica dell'area (Figura 3).

Approccio progettuale

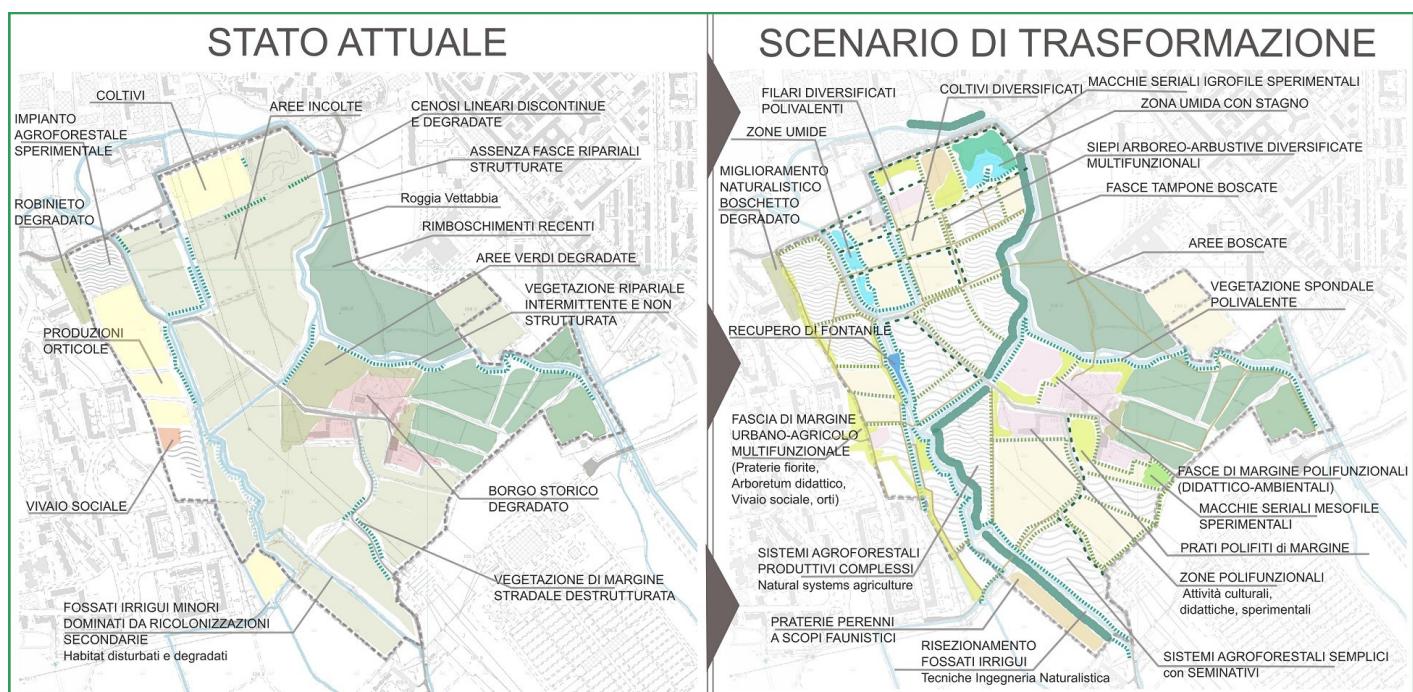
L'insieme delle rielaborazioni svolte ha consentito di individuare le linee progettuali di riferimento, orientate in particolare su tre principali assi di azione: 1. la riabilitazione della trama paesaggistica; 2. la diversificazione interna degli elementi agroambientali; 3. la coerenza ambientale.

Il risultato è stato una riconfigurazione complessiva degli usi e funzioni dell'area, formulando un insieme integrato di interventi riferiti al sistema interpoderale di siepi e filari, agli elementi boschivi, al sistema ripario, al sistema idrico-irriguo, al sistema delle fasce di margine e agli aspetti produttivi (sistemi agroforestali) (Figura 4).

Lo scenario di trasformazione è stato sviluppato in conformità agli strumenti di piano vigenti [PTC

Parco Agricolo Sud Milano (Parco Agricolo Sud Milano, 2000), PSA Parco Agricolo Sud Milano (Parco Agricolo Sud Milano, 2007) i quali classificano uniformemente l'area di studio senza prescrizioni di dettaglio per sotto-aree; il PGT (Progetto di Piano; Piano dei servizi (in particolare, i corridoi ecologici presenti - art. 6.6.b.ii; art. 6.6.c.iv); Carta del Paesaggio (Comune di Milano, 2019b); gli indirizzi dell'AQST (corridoio multifunzionale, tracciati rurali - Macroazione 2, Azione 1.8) (Regione Lombardia, 2015)].

Alla scala paesaggistica, per ogni comparto di azione è stata ricercata un'ottimizzazione della polifunzionalità del sistema, mirando al ripristino dei parametri di continuità, connettività, circuitazione e alla diversificazione tipologica, strutturale e floristica dei diversi elementi (Fabbri, 1997; Dramstad et al., 1996; Battisti, 2004; Malcevski et al., 1996; Franco, 2000; Malcevski e Lazzarini, 2013; Burel, 1992; Baudry e Burel, 1998; Burel, 1996; Forman, 1995; Forman e Godron, 1986). L'obiettivo è stato in particolare quello di



diversificare le funzioni ecologiche espletabili da ciascuna categoria di elemento, attraverso differenti moduli realizzativi, ciascuno vocato ad una particolare funzione preminente (Figura 5A). La definizione progettuale è stata basata sulla considerazione del concetto di nicchia ecologica, ovvero sulla valutazione dei caratteri predominanti degli habitat attuali (legati a disturbo periodico, ambienti aperti, dunque a dinamismi rapidi, instabilità dei parametri ambientali, colonizzazioni temporanee) e alle funzioni predominanti delle cennosi spontanee presenti (ricolonizzazioni secondarie di pioniere) (Gliessman, 2007). Identificando quest'insieme di aspetti come predisponenti a comunità semplificate, in specie e risorse, con dominanza di specie a strategia R (Gliessman, 2007; Odum e Barrett, 2007; Fabbri, 1997), sono state individuate, quali strumenti correttivi, delle azioni in grado di riequilibrare i ruoli competitivi e mutualistici sull'area (Gliessman, 2007; Odum e Barrett, 2007). Questo è stato ricercato attraverso la strutturazione di ecotopi affrancati dal disturbo periodico, in particolare per quanto riguarda gli ambienti di transizione, indirizzando verso biocenosi maggiormente stabili.

Dal punto di vista ecologico-funzionale, nei diversi comparti di azione le funzioni ricercate sono state: di connessione e corridoio ecologico, di supporto alla biodiversità animale e vegetale e alla diversità genetica delle colture, di regolazione dei cicli di nutrienti e idrici, di filtro/tampone, di zona buffer per la mitigazione, relazione e intermediazione tra le tessere urbane e agricole, di protezione spondale e del suolo, alimentare, trofica e apistica, prospettica.

Dal punto di vista dinamico-successionale, le diverse funzioni individuate sono state: funzione

preparatoria delle condizioni edafiche, predisponente e stabilizzante nei confronti delle condizioni microclimatiche, funzione di ricolonizzazione e sostituzione delle cennosi alloctone, di stabilizzazione della copertura, di affermazione nel tempo di cennosi a maggiore complessità strutturale e floristica.

Nello specifico, per quanto riguarda il sistema interpoderale di siepi e filari (Figura 5A), i parametri di riferimento per la progettazione sono stati:

- Supportare la funzione ecotonale espletabile dai sistemi lineari.
- La scelta di specie autoctone, privilegiando specie riferibili alla serie di vegetazione potenziale reale del contesto [Serie padana occidentale neutroacidofila dei querco-carpineti dell'alta e bassa pianura - *Carpinion betuli* Isler 1931; stadio maturo a bosco di *Quercus robur* L. e *Carpinus betulus* L. - *Ornithogalo pyrenaicum*-*Carpinetum betuli* Marinček, Poldini et Zupančič ex Marinček 1994 (Verde et al., 2010; Brusa e Rovelli, 2010)].
- La creazione di condizioni ambientali predisponenti all'insediarsi e affermarsi di cennosi maggiormente in equilibrio, in grado di mantenersi nel tempo andando a sostituire il ruolo svolto attualmente dalle specie generaliste dominanti, innescando dinamismi più lenti, con accumulo meno rapido ma continuo nel tempo di biomassa. Agli arbusti è stato riconosciuto un ruolo chiave riguardo a queste dinamiche, mantenendo come riferimento progettuale lo stadio di mantello della serie dinamica di riferimento [mantello a *Crataegus monogyna* Jacq., *Prunus spinosa* L., *Cornus mas* L.; pre-bosco a *Corylus avellana* L. e *Prunus avium* (L.) L. (Verde et al., 2010; Brusa e

Rovelli, 2010)]. La predisposizione di uno strato a dominanza arbustiva consente infatti di creare i presupposti per lo sviluppo e affermazione anche della componente arborea inserita, grazie alla spiccata funzione edificatrice per il suolo degli arbusti, tramite gli apparati radicali e l'accumulo di sostanza organica, e alla garanzia di una copertura uniforme nello spazio e costante nel tempo.

- La modalità di inserimento rispetto alla vegetazione preesistente, avendo cura in particolare nella definizione di modalità di gestione adattate alle caratteristiche comportamentali delle specie esotiche presenti [in particolare in relazione alla presenza di *Robinia pseudoacacia* L. e *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle (Brusa e Rovelli, 2010; Banfi e Galasso, 2010)]. Relativamente alla componente esotica invasiva erbacea e lianosa (dominate in questo caso da *Artemisia verlotiorum* Lamotte, *Ambrosia artemisiifolia* L., *Phytolacca americana* L., *Erigeron canadensis* L., *Erigeron annuus* (L.) Desf., *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch, *Reynoutria japonica* Houtt.), particolare attenzione è stata posta al mantenimento di una copertura vegetale stabile del suolo, agevolando la sostituzione delle nicchie ecologiche occupate dalle esotiche da parte delle specie autoctone di neo-inserimento (Brusa e Rovelli, 2010; Banfi e Galasso, 2010; Gliessman, 2007).
- Il miglioramento della varietà strutturale, identificando sesti di impianto diversificati in tessitura (numero di file, densità di impianto lungo le file), struttura verticale (altezze relative).

Per le specie proposte (Figura 5A), basandosi su materiale bibliografico di riferimento

(Malcevschi et al., 1996; Banfi e Galasso, 2010; Toccolini, 2015; Gellini e Grossoni, 1997; Ricciardelli D'Albore e Intoppa, 2000; Ricciardelli D'Albore e Intoppa, 2016; Guzzon et al., 2019; Regione Lombardia, 2008b; [Acta Plantarum](#)), è stata valutata la coerenza dei seguenti caratteri:

- Esigenze ecologiche (caratteri edafici, luce, moltiplicazione vegetativa).
- Velocità di crescita.
- Ruolo dinamico (pioniero, preparatorio, di regolazione, stabilizzante).
- Periodo di fioritura e fruttificazione.
- Potenziale mellifero.
- Tolleranza a sommersione radici o assenza acqua.
- Attitudine fitodepurativa.
- Reperibilità di materiale certificato (presso [Centro Flora Conservation](#) e [Centro Vivaistico Forestale Regionale di ERSAF Lombardia](#) (Ersaf, 2013)).

- Altre note caratteristiche (governo, altezza, apparato radicale, particolari fitopatologie ecc.).

Per quanto riguarda gli elementi boschivi, sono state proposte due diverse tipologie di intervento:

1. La riconversione a cenosi autoctone delle unità boschive degradate (robinieto riferibile allo stadio di pre-bosco e bosco dei dinamismi di sostituzione sinantropica), con l'obiettivo di riconferire a queste unità il ruolo di sorgenti di diversità (animale e vegetale), potenzialmente idonee ad ospitare anche specie maggiormente sensibili, legate ad ambienti meno instabili e omogenei.
2. L'inserimento di nuove unità boschive realizzate secondo la tecnica delle macchie seriali (Sartori, 1992).

Relativamente al punto 1, la proposta di

intervento è stata fondata:

- Sulla valutazione dei caratteri dinamici del robinieto, evitando la sua eradicazione o tagli preliminari (Banfi e Galasso, 2010) e cercando invece di assecondare e sfruttare il suo ruolo preparatorio, innescando dinamismi più lenti e portando gradualmente le condizioni microstazionali verso caratteri più stabili.
- Sull'agevolare, in una prima fase, una progressiva colonizzazione da parte di specie autoctone sufficientemente competitive, a rapida crescita (impianto denso di *Corylus avellana* L. e *Carpinus betulus* L. (Banfi e Galasso, 2010), e *Sambucus nigra* L., per la sua maggiore compatibilità coi caratteri edafici nitrofili del robinieto).
- Sulla considerazione delle caratteristiche fisiologiche delle cenosi a robinia [in particolare in relazione alla loro influenza sulle condizioni edafiche (Mozzato, 2012)] e sulla conseguente necessità di un approccio integrato, ove all'inserimento di specie autoctone sottochioma sia associata un'azione di indebolimento degli individui di robinia (cercinatura e creazione di piccole radure con impianto denso di specie autoctone a rapido accrescimento).
- Sull'inserimento sottochioma, in una seconda fase, di piante per la rinnovazione maggiormente diversificate [*Prunus avium* (L.) L., *Fraxinus excelsior* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Prunus spinosa* L., *Cornus mas* L., *Euonymus europaeus* L., *Ligustrum vulgare* L.], facendo riferimento alle cenosi all'equilibrio per l'area (Verde et al., 2010; Brusa e Rovelli, 2010).

Per quanto riguarda il punto 2, è stata individuata la tecnica di rimboschimento a macchie seriali quale modalità maggiormente compatibile con l'esigenza di garantire l'affermarsi di una copertura boschiva in equilibrio col contesto ambientale

(Sartori, 1992; [Sartori e Gallinaro, 2005](#)). Il pregiò di questa tecnica è quello di mimare i meccanismi di ricolonizzazione naturale: i processi di evoluzione naturale della copertura vengono agevolati dalla presenza negli impianti dell'intero comparto di specie legate alla tappa matura del dinamismo primario della vegetazione del contesto ([Sartori e Gallinaro, 2005](#); Sartori, 1992). La configurazione dell'impianto proposta, a carattere mesofilo, è il risultato di una rielaborazione dei risultati di studi effettuati in contesti territoriali rassomigliabili a quello di studio (Carchidi et al., 2001). La superficie complessiva prevista per ogni singolo modulo di impianto è di circa 820 m², ripartito in tre fasce concentriche (nucleo centrale, fascia intermedia e fascia esterna), con una densità media complessiva di impianto di 1,9 piante/m² ed una percentuale complessiva di specie arboree e arbustive di, rispettivamente, il 36% e il 64% (Figura 5A).

Per il nucleo centrale (superficie indicativa di 80 m², densità media di impianto 3 piante/m²) è prevista la predominanza di specie arboree climaciche (62%) e una percentuale minore di arbustive (38%).

Per la fascia intermedia (superficie indicativa di 240 m², densità media di impianto 2 piante/m²) si riduce la percentuale di arboree (30%) e aumenta la presenza di arbustive con funzione preparatoria e predisponente alla futura espansione delle arboree (70%).

Per la fascia esterna (superficie indicativa di 500 m², densità media di impianto 0,6 piante/m²), vengono mantenute solo le specie arboree a carattere maggiormente pioniero e con funzione preparatoria (15%). Diventa invece predominante la presenza di specie arbustive di mantello (85%).

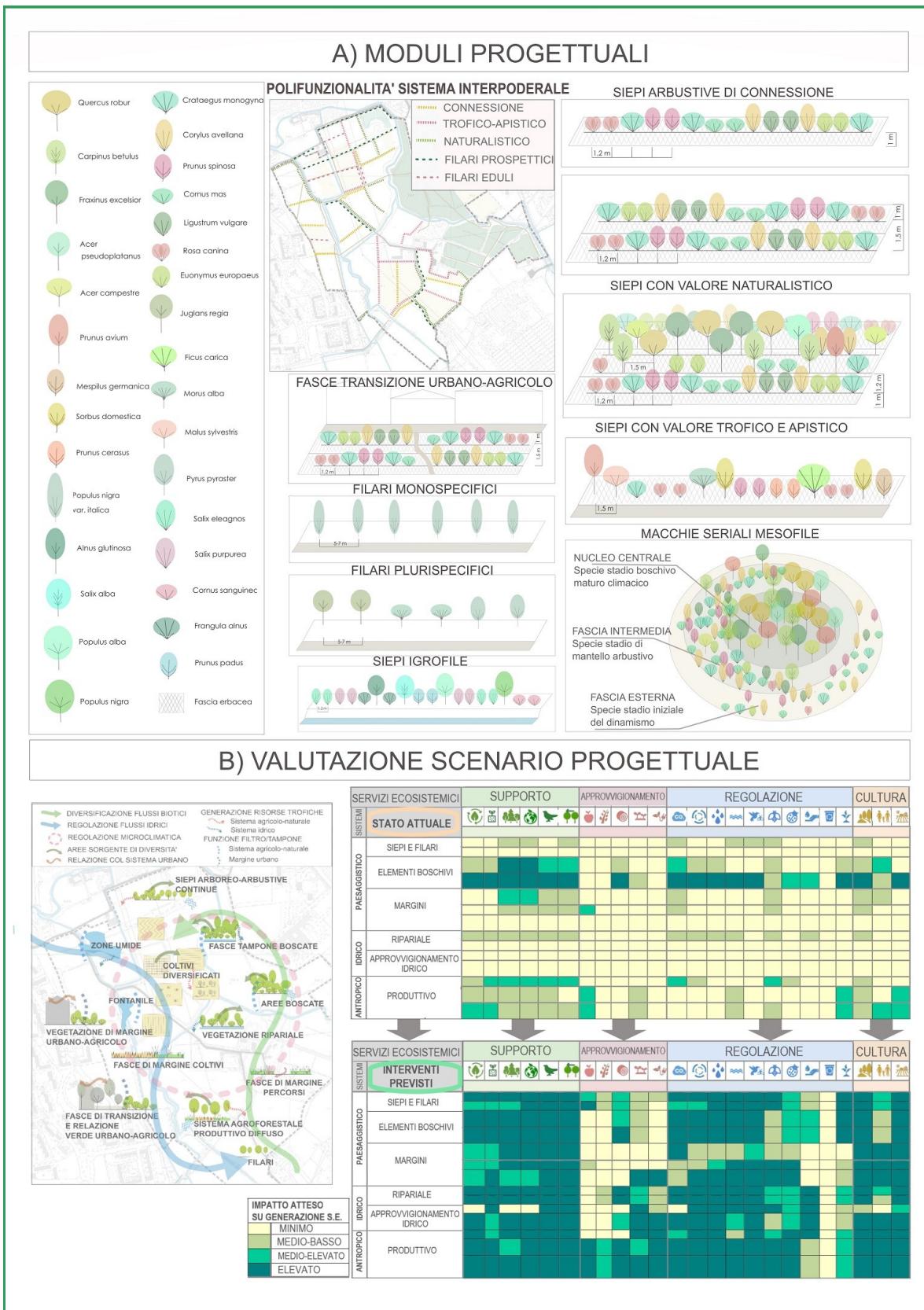


Figura 5. A) Ottimizzazione della polifunzionalità del sistema interpodereale e moduli progettuali; B) Valutazione del contributo atteso alla funzionalità complessiva dell'area e nella generazione di Servizi Ecosistemici (elaborazioni degli Autori).

Valutazione degli effetti generabili

A conclusione della definizione progettuale, è stata effettuata una valutazione complessiva delle funzioni ecologiche generabili dalla riconfigurazione dell'area, con l'obiettivo di mettere in evidenza il suo contributo effettivo nei confronti della capacità del sistema di rafforzare e preservare la propria stabilità ambientale (Figura 5B).

Sempre in quest'ottica, è stata effettuata una valutazione qualitativa dell'insieme di servizi ecosistemici (SE) generabili attraverso gli scenari di trasformazione proposti, avendo come riferimento le Buone Pratiche proposte per le reti ecologiche per la Regione Lombardia ([Malcevshi e Lazzarini, 2013](#)), nonché le definizioni dettate dal [Millennium Ecosystem Assessment](#) (MEA, 2005). I diversi SE sono stati correlati ai diversi elementi progettuali previsti, fornendo una stima qualitativa dell'intensità dell'influenza di ogni tipologia di intervento su ciascun SE (Figura 5B).

CONCLUSIONI

Il presente studio si pone come contributo a supporto di una visione della gestione agro-forestale concepita come strumento di gestione territoriale, mettendone in luce i benefici sia alla scala locale che più ampia (aspetti di regolazione climatica, idrogeologica, pedologica, degli inquinanti ecc.), proponendo una modalità di gestione del territorio agro-forestale periurbano multifunzionale e intersetoriale, in grado di generare servizi ambientali ad ampio spettro, a supporto del sistema ambientale interno ma anche esterno (il contesto della Valle della Vettabbia e della più ampia sostenibilità dei modelli di sviluppo della Città Metropolitana di Milano).

In un contesto storico quale l'attuale, ove la tematica dell'adattamento e mitigazione dei

cambiamenti climatici diventa sempre più prioritaria, così come il tema della regolazione degli impatti del sistema urbano-rurale, lavorare sulla capacità di autoregolazione e adattamento dei sistemi agricoli a un macro-contesto sempre più instabile diventa l'asse centrale su cui impeniare un modello agricolo sostenibile ([IPCC, 2019](#)). In questi processi, il contributo al supporto della biodiversità ambientale si integra come tassello portante all'insieme di azioni vociate alla sostenibilità.

Applicazioni e sviluppi futuri

Grazie al carattere sperimentale dell'area studiata, in luce anche alle visioni progettuali preesistenti, l'approccio metodologico proposto si pone come modello potenzialmente replicabile in contesti simili.

Future integrazioni del presente studio potrebbero ulteriormente valorizzarne l'efficacia ambientale, in primis attraverso la sua implementazione, nonché attraverso la definizione di programmi di monitoraggio sul lungo termine e valutazioni di tipo quantitativo dei parametri ecologico-paesaggistici e delle influenze sui cicli interni di risorse, così come relativamente alla quantificazione e valorizzazione economica dei servizi ecosistemici.

BIBLIOGRAFIA

Angelucci G., 2011. [Dinamica di vegetazione in aree post-abbandono della Pianura Padana](#). Tesi di Dottorato di Ricerca, Tutor: Andreis C., Coordinatore: Tintori A., Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Biologia, Milano.

Baietto M., Padoa-Schioppa E., 2008. *Paesaggio e biodiversità nel Parco Agricolo Sud*. Provincia di Milano, Parco Agricolo Sud Milano e Università

degli Studi di Milano Bicocca.

Banfi E., Galasso G., 2010. *La flora esotica lombarda*. Regione Lombardia e Museo Civico di Storia Naturale di Milano.

Bani L., Luppi M., Orioli V., 2016. *Monitoraggio dell'avifauna nidificante in Lombardia*. Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra DISAT, Unità per la conservazione della Biodiversità (UCB), Università degli Studi di Milano Bicocca.

Battisti C., 2004. *Frammentazione ambientale, connettività, reti ecologiche - Un contributo teorico e metodologico con particolare riferimento alla fauna selvatica*. Provincia di Roma, Assessorato alle Politiche Agricole, Ambientali e Protezione Civile.

Baudry J., Burel F., 1998. *Dispersal, movement, connectivity and land use processes*. In: Dover J.W., Bunce R.G.H., 1998. *Key concepts in Landscape ecology*. IALE UK, Coplin Cross Printers Ltd, Garstang, UK.

Biondi E., Allegrezza M., Casavecchia S., Galdenzi D., Gasparri R., Pesaresi S., Vagge I., Blasi C., 2014a. *New and validated syntaxa for the checklist of Italian vegetation*. Plant Biosystems 148: 318-332.

Biondi E., Blasi C., Allegrezza M., Anzellotti I., Azzella M.M., Carli E. et al., 2014b. [Plant communities of Italy: the Vegetation Prodrome](#). Plant Biosystems 148 (3-4): 728-814.

Biondi E., Casavecchia S., Pesaresi S., Gangale C., Uzunov D., 2014c. *New syntaxa for the prodrome of Italian vegetation*. Plant Biosystems 148: 723-727.

Biondi E., Allegrezza M., Casavecchia S., Galdenzi D., Gasparri R., Pesaresi S. et al., 2015a. [New syntaxonomic contribution to the Vegetation Prodrome of Italy](#). Plant Biosystems 149: 1-14.

Biondi E., Allegrezza M., Casavecchia S., Galdenzi D., Gasparri R., Pesaresi S., et al., 2015b. *New*

insight on Mediterranean and sub-Mediterranean syntaxa included in the Vegetation Prodrome of Italy. Flora Mediterranea 25: 77-102.

Brusa G., Rovelli P., 2010. *Atlante della flora del Parco Agricolo Sud Milano*. Parco agricolo Sud Milano.

Burel F., 1992. *Effect of landscape structure and dynamics on species diversity in hedgerows network*. Landscape Ecology 6(3): 161-174.

Burel F., 1996. *Hedgerows and their role in agricultural landscape*. Plant Sciences 15 (2): 169-190.

Carchidi M., Martino M., Sartori F., 2001. *Primi risultati di impianti boschivi con il metodo delle "macchie seriali"*. Informatore Botanico Italiano, 33 (1) 211-214.

Comune di Milano, 2015. [Linee di indirizzo della Food Policy di Milano 2015-2020](#). Delibera n. 25 Seduta Consiliare del 05-10-2015, Pubblicata sull'Albo Pretorio il 09-10-2015.

[Comune di Milano, 2019a](#). *Milano 2030 - Idee per la città che cambia, Call for Ideas. Milano Porta Verde 2030*.

Comune di Milano, 2019b. [Piano di Governo del territorio, Documento di Piano, Milano 2030 – Visione, costruzione, strategie, spazi, Relazione generale](#). Comune di Milano, con la collaborazione del Centro Studi PIM e di Amat, marzo 2019.

Domina G., Galasso G., Bartolucci F., Guarino R., 2018. *Ellenberg Indicator Values for the vascular flora alien to Italy*. Flora Mediterranea 28: 53-61.

Dramstad W.E., Olson J.D., Forman R.T.T., 1996. *Landscape ecology principles in landscape architecture and land use planning*. Harvard University, American Society of Landscape Architects, Island Press.

ERSAF, 2013. *Catalogo piante - Centro vivaistico forestale regionale di Curno (BG)*. P.O. Servizi a Supporto della Valorizzazione del Territorio Rurale.

Fabbri P., 1997. *Natura e cultura del paesaggio agrario - Indirizzi per la tutela e la progettazione.* Città Studi Edizioni.

Forman R.T.T., 1995. *Land mosaic.* Cambridge University Press, Cambridge.

Forman R.T.T., Godron M., 1986. *Landscape Ecology.* J. Wiley and Sons, New York.

Franco D., 2000. *Paesaggio, reti ecologiche ed agroforestazione - Il ruolo dell'ecologia del paesaggio e dell'agroforestazione nella riqualificazione ambientale e produttiva del paesaggio.* Il Verde Editoriale Editore S.r.l.

Gellini R., Grossoni P., 1997. *Botanica forestale – II Angiosperme.* CEDAM.

Gliessman S.R., 2007. *Agroecology: the ecology of sustainable food systems.* Second Edition, CRC Press, Taylor & Francis Group.

Guarino R., Domina G., Pignatti S., 2012. *Ellenberg's Indicator values for the Flora of Italy – First update: Pteridophyta, Gymnospermae and Monocotyledoneae.* Flora Mediterranea 22: 197-209.

Guzzon F., Ardenghi N.M., Bodino S., Tazzari E., Rossi G., 2019. *Guida all'agrobiodiversità vegetale della provincia di Pavia - Riscoperta, conservazione e valorizzazione.* Pavia University Press.

IPCC, 2019. [Climate Change and Land - An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.](#) Shukla, Skea, Buendia, Masson-Delmotte, Pörtner, Roberts, Zhai, Slade, Connors, Van Diemen, Ferrat, Haughey, Luz, Neogi, Pathak, Petzold, Portugal Pereira, Vyas, Huntley, Kissick,

Belkacemi, Malley (a cura di), 2019. International Panel for Climate Change.

IReR Lombardia, 1995. *Bonifica, riconversione e valorizzazione ambientale del bacino dei fiumi Lambro, Seveso, Olona - Linee orientative per un progetto integrato.* Magnaghi A. (a cura di), 1995. Quaderno INU n. 2, 1995.

IReR Lombardia, 1996. *Istruttoria per l'individuazione di progetti pilota attuabili a breve e di strumenti sperimentali di documentazione e gestione.*

IReR Lombardia, 1999-2000. *Lambro/Seveso/Olona - Moduli di ricerca per il 1999-2000: scenari strategici di valorizzazione delle risorse idriche per la riqualificazione del sistema ambientale e territoriale del bacino del Seveso.*

Longo A., 2018. *OpenAgri – 18 progetti x 30 ettari: Un masterplan per un Parco della Sperimentazione Agroecologica.* Workshop di lavoro svolto dal gruppo wp7 nell'ambito del progetto OpenAgri, bando Europeo Urban Innovative Action (UIA), Dipartimento DASTU - Politecnico di Milano, Dipartimento ABC - Politecnico di Milano, Dipartimento ESP - Università degli Studi di Milano, Milano.

Malcevschi S., Bisogni L.G., Gariboldi A., 1996. *Reti ecologiche ed interventi di miglioramento ambientale - Aspetti teorici e schede pratiche.* Il verde Editoriale S.r.l.

Malcevschi S., Lazzarini M., 2013. [Tecniche e metodi per la realizzazione della Rete Ecologica Regionale.](#) Regione Lombardia, ERSAF.

MEA, 2005. [Ecosystems and Human Well-being – Synthesis.](#) Millennium Ecosystem Assessment, Island Press, Washington, D.C.

Mozzato D., 2012. *Effetto della presenza di Robinia*

pseudoacacia L. sulle caratteristiche chimico-fisiche di suoli situati nelle province di Padova e Treviso. Tesi di Laurea (relatore: Nardi S.), Università degli Studi di Padova.

Odum E.P., Barrett G.W., 2007. *Fondamenti di ecologia*. III Edizione italiana condotta sulla V di lingua inglese, Coordinata da Loreto Rossi, Piccin Nuova Libraria S.p.A.

ONU, 2015. [Trasformare il nostro mondo - L'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile](#). Risoluzione adottata dall'Assemblea Generale il 25 settembre 2015, Organizzazione delle Nazioni Unite.

Parco Agricolo Sud Milano, 2000. *Piano territoriale di coordinamento del Parco Agricolo Sud Milano*. D.G.R. n. VII/818 del 3 agosto 2000, B.U.R. 2° supplemento straordinario al n. 38 del 21 settembre 2000.

Parco Agricolo Sud Milano, 2007. *Piano di settore agricolo - Parco Agricolo Sud Milano*. Delibera n.33 del 17 luglio 2007, Art. 19 L.R. 24/90; art. 7 N.T.A. del PTC.

Pignatti S., 1982. *Flora d'Italia*. Edagricole, Bologna.

Pignatti S., Menegoni P., Pietrosanti S., 2005. *Biondicazione attraverso le piante vascolari. Valori di indicazione secondo Ellenberg (Zeigerwerte) per le specie della Flora d'Italia*. Braun-Blanquetia, Camerino, 39: 1-97.

Pignatti S., Guarino R., La Rosa M., 2017-2019. *Flora d'Italia*. 2a edizione, Edagricole, Bologna.

Prusicki M., 2006. *Area Sud Milano - Uno scenario strategico di riqualificazione paesistica del Basso Milanese*. In: AA.VV., 2006. LOTO, Landscape Opportunities - La gestione paesistica delle trasformazioni territoriali: complessità territoriale e valorizzazione del paesaggio, Esperienze a confronto in Lombardia. Direzione Generale Territorio e Urbanistica Struttura Paesaggio.

Regione Lombardia, 2008a. *Disposizioni per la tutela e la conservazione della piccola fauna, della flora e della vegetazione spontanea*. LR 31 marzo 2008, n. 10, BURL n. 14-2008.

Regione Lombardia, 2008b. *La riqualificazione dei canali agricoli, Linee guida per la Lombardia*. Quaderni della ricerca n.° 92, settembre 2008.

Regione Lombardia, 2015. [RURBANCE, Rural Urban Governance, Milano Metropoli Rurale](#). Pierre stampa, Roma. Ricciardelli D'Albore G., Intoppa F., 2000. *Fiori e api - La flora visitata dalle api e dagli altri apoidei in Europa*. Edagricole, Edizioni agricole della Calderini s.r.l., Bologna.

Ricciardelli D'Albore G., Intoppa F., 2016. *Coltivare piante mellifere - Vademecum per l'apicoltore ambientalista*. Edizioni Apinsieme.

Rivas-Martínez S., Sáenz S., Penas A., 2011. *Worldwide bioclimatic classification system*. Global Geobotany, I:1–634.

Sartori F., 1992. *Utilizzo delle macchie seriali di vegetazione negli interventi di ricostruzione della copertura vegetale naturale spontanea*. Verde Ambiente, suppl. 6.

Sartori F., Gallinaro N., 2005. [A fiamme spente - Linee guida per gestire il dopo incendio nelle foreste](#). Regione Lombardia, Ciemme Edizioni, Milano.

Toccolini A., 2015. *Piano e progetto di area verde - Manuale di progettazione*. IV Edizione ampliata, Maggioli Editore.

Verde S., Assini S., Andreis C., 2010. *Le serie di vegetazione della Regione Lombardia*. In: C. Blasi (a cura di), 2010. *La vegetazione d'Italia con Carta delle serie di vegetazione in scala 1:500000*. Palombi Editori.

BOX - TUTELA E VALORIZZAZIONE DEGLI ALBERI MONUMENTALI: LE LINEE GUIDA

Daniele Giordano e Raoul Romano - CREA Politiche e Bioeconomia

Gli alberi monumentali (A.M.) rappresentano dei monumenti viventi unici e irripetibili, autentici scrigni non solo di biodiversità, ma anche di testimonianza storico culturale del nostro Paese da tutelare, valorizzare e gestire correttamente. Una prima definizione univoca a scala nazionale, insieme ad indirizzi di tutela e conservazione si sono avuti grazie alla [Legge 14 gennaio 2013, n. 10](#) che definisce l'A.M. come “*l'albero ad alto fusto isolato o facente parte di formazioni boschive naturali o artificiali ovunque ubicate ovvero l'albero secolare tipico, che possono essere considerati come rari esempi i maestosità e longevità, per età o dimensioni, o di particolare pregio naturalistico, per rarità botanica e peculiarità della specie, ovvero che recano un preciso riferimento ad eventi o memorie rilevanti dal punto di vista storico, culturale, documentario o delle tradizioni locali*”. Successivamente il [Decreto interministeriale 23 ottobre 2014](#) ha stabilito i principi e i criteri direttivi per il censimento degli A.M. istituendo l'Elenco degli alberi monumentali d'Italia, aggiornato con cadenza almeno annuale e gestito dal [Mipaaf-Direzione generale dell'Economia montana e delle foreste](#).

I criteri di attribuzione del carattere di monumentalità utilizzati per la catalogazione sono sette e consistono in: pregio legato all'età e alle dimensioni; pregio legato alla forma e al portamento; valore ecologico; pregio legato alla rarità botanica; pregio legato all'architettura vegetale; pregio storico-culturale-religioso; pregio paesaggistico.

Il primo elenco degli A.M. approvato nel 2017 ha subito diverse integrazioni fino a giungere, con il [D.M. n. 9022657 del 24/07/2020](#), al [III aggiornamento](#) raggiungendo i [3.561 alberi](#). In linea con tali atti il [Decreto Dipartimentale 31 marzo 2020, n. 1104](#) con le [Linee guida per gli interventi di cura e salvaguardia degli alberi monumentali](#), ha fornito indicazioni sulle operazioni di cura e salvaguardia, che dovranno essere fornite da personale competente e adeguatamente formato, ed i procedimenti amministrativi necessari per la loro esecuzione.

Aspetto da sottolineare è l'esplicita tutela anche dell'apparato radicale e del suolo interessato dalle radici attraverso una zona di protezione radicale che, indipendentemente dalla specie, non può mai essere inferiore a un'area di raggio pari a 20 m partendo dall'esterno del fusto dell'albero ed è deposta a garantire vitalità e stabilità strutturale. Il censimento degli A.M. è realizzato dai Comuni su segnalazioni provenienti da cittadini o qualsiasi Ente; successivamente i dati sono trasmessi alle Regioni per la redazione degli elenchi regionali e inviati anche al Mipaaf. La presenza di A.M. può avere importanti risvolti storico-culturali nella realtà comunale offrendo l'opportunità di sviluppare diverse attività di promozione territoriale. Con il [D.Lgs. 3 aprile 2018, n. 34 - Testo unico in materia di foreste e filiere forestali](#) - viene inoltre introdotto, nell'ambito di applicazione della Legge n. 10 del 2013, anche il concetto di Bosco vetusto, dandone una prima definizione come “*formazioni boschive naturali o artificiali ovunque ubicate che per età, forme o dimensioni, ovvero per ragioni storiche, letterarie, toponomastiche o paesaggistiche, culturali e spirituali presentino caratteri di preminente interesse, tali da richiedere il riconoscimento ad una speciale azione di conservazione*” confermando l'importanza e il ruolo di tali formazioni quali realtà ambientali di enorme valore del nostro Paese.



Ph. Daniele Giordano

A.M. 002/L419/LE/16 - *Quercus ithaburensis subsp. macrolepis (Kotschy) Hedge & Yalt.* Comune di Tricase (LE) (foto di D. Giordano).

IL PROGETTO MADAMES-AX: I SERVIZI ECOSISTEMICI FORESTALI TRA OPPORTUNITÀ DI INNOVAZIONE E MERCATO

Stefania Pasetti¹, Eleonora Mariano², Sergio Noce³, Monia Santini³, Carlo Trotta³, Marco Folegani¹, Antonio Brunori², Riccardo Simonelli⁴

¹ MEEO S.r.l – Meteorological and Environmental Earth Observation

² PEFC Italia

³ CMCC – Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici

⁴ Consorzio Agro-forestale dei Comunelli di Ferriere

Abstract: Una corretta gestione e quindi un migliore stato di salute degli ecosistemi, può garantire maggiori benefici e servizi non solo per i cittadini, ma anche per l'ambiente stesso, come anche una maggiore resilienza al cambiamento climatico in termini di biodiversità; a tale proposito [EIT Climate-KIC](#) ha messo in campo un approccio olistico, facendosi portavoce di innovazione nella gestione forestale e occupandosi, con il progetto [MADAMES-AX](#), non solo di nuove tecnologie ma anche di nuove opportunità per i gestori forestali e di politiche per la resilienza ambientale, andando incontro a quelle comunità la cui economia si basa su prodotti e servizi forniti dalle foreste ([Foreste e Biodiversità](#)). Viene così validato un nuovo modello di business e realizzato il cosiddetto “dimostratore”, prototipo di un innovativo strumento di monitoraggio dei servizi ecosistemici forestali, a supporto di una gestione sostenibile.

Parole chiave: gestione forestale sostenibile, servizi ecosistemici forestali, business model, soluzioni innovative.

The MADAMES-AX project: the forest ecosystem services between innovation and market opportunities.

The biodiversity resiliency to climate change can be improved if the health of ecosystems is guaranteed. Within this context, EIT Climate-KIC concept has implemented an holistic approach, conveying innovation in the forest management field. Through the MADAMES-AX project, it focused not only on new technologies but also on new opportunities for the forest owners and on environment resilience policies, meeting the needs of the communities having an economy based on forest products and services ([Foreste e Biodiversità](#)). So, a new business model has been validated and an innovative demonstrative tool has been implemented for the forest ecosystem services monitoring, to support a sustainable environmental management.

Key words: sustainable forest management, forest ecosystem services, business model, innovative solutions.

INTRODUZIONE

La ricerca scientifica sulle foreste mediterranee è particolarmente ampia e approfondita, probabilmente si tratta di uno degli ecosistemi più studiati a livello globale. Si contano migliaia di studi su questo tema, ma sono due gli aspetti fondamentali su cui la maggior parte di questi pongono l'accento: la peculiarità in termini di ricchezza specifica (biodiversità) (Quézel, 1999;

Fady-Welterlen, 2005) e la loro vulnerabilità dovuta alle particolari condizioni climatiche caratterizzanti il bacino del mediterraneo (Lindner et al., 2010). Altrettanto solido, basandosi sul numero e soprattutto sulla qualità dei lavori prodotti, è affermare che quest'area è allo stesso tempo hot spot sia di biodiversità (Cuttelod et al., 2009) che di cambiamento climatico (Giorgi, 2008). Questo duplice aspetto ha spinto e spinge

tuttora la comunità scientifica a mantenere alta l'attenzione su questi temi.

Nell'area mediterranea, l'intervento dell'uomo ha fortemente plasmato gli ecosistemi forestali poiché, diversamente da altre zone del globo, è stato profondo e costante per migliaia di anni (Nocentini & Coll, 2013). Ciò ha causato due effetti: il primo, sicuramente l'elevato livello di eterogeneità e complessità delle formazioni (Lefèvre & Fady, 2016), il secondo, seppur parziale conseguenza del primo, è rappresentato dal grado di frammentazione sia a livello locale che regionale (Scarascia-Mugnozza et al., 2000). Questo innegabilmente rappresenta un ulteriore elemento di vulnerabilità e sottolinea come il tema della connettività ecologica rivesta un ruolo chiave in qualsiasi tipo di strategia conservazionistica (Correa Ayram et al., 2016).

Oltre al costante intervento dell'uomo con pratiche selviculturali storicamente poco attente alla conservazione del capitale boschato e soprattutto al patrimonio di biodiversità contenuta in esso, le foreste mediterranee nei decenni a venire, dovranno far fronte ad una ulteriore e probabilmente ancor più imminente minaccia: il cambiamento climatico. Tutti i modelli climatici concordano nel prevedere nell'area mediterranea un consistente aumento delle temperature aggravato da una riduzione delle precipitazioni, in particolare nella stagione secca (Lionello & D'Agostino, 2019). Questo verosimilmente causerà periodi siccitosi più lunghi, più frequenti e più severi, con conseguente aumento del rischio incendi (Lozano et al., 2017) e con pesanti riduzioni della capacità produttiva (stress-indotta) e di rinnovazione (Benavides et al., 2016), fattori chiave per descrivere lo stato di salute di una foresta.

SERVIZI ECOSISTEMICI E FORESTE

I cambiamenti previsti delle condizioni climatiche inevitabilmente comporteranno nel medio e lungo termine sia uno *shift* degli areali di distribuzione (Noce et al., 2017), sia profonde variazioni della composizione specifica delle formazioni vegetali, probabilmente a beneficio delle specie più resilienti e meno esigenti in termini di risorse idriche disponibili (Tognetti et al., 2019). Una gestione forestale attenta deve quindi tenere in considerazione questo aspetto fondamentale.

È importante ricordare che una foresta in buono stato di salute assolve e provvede ad una moltitudine di funzioni sia in termini di beni, sia di servizi (Vizzarri et al., 2017). Il concetto di servizi ecosistemici forestali (in inglese FES, Forest Ecosystem Services) è descritto in modo esaustivo dal *Millenium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005), come contributo diretto e indiretto al benessere umano che i boschi possono garantire.

Sono molte le classificazioni per questi servizi utilizzate in ambito internazionale, ma quella più utilizzata e di semplice applicazione è quella proposta dal MEA: secondo questa i FES sono sommariamente suddivisi in: servizi di *approvvigionamento* (legna, legname, prodotti non legnosi etc.), in sostanza beni e prodotti che solitamente sono scambiati con un valore di mercato conosciuto; servizi di *regolazione* (regolazione e purificazione delle acque, protezione del suolo, regolazione del clima, stoccaggio di CO₂); servizi culturali (turismo, sport, tradizioni, aggregazione sociale) ed infine servizi di *supporto* agli altri ecosistemi (produzione primaria di cibo e materiali, supporto al ciclo dei nutrienti, ecc.).

Negli ultimi anni la comunità scientifica oltre ad approfondire le conoscenze sull'insieme dei servizi

forniti dal verde, in particolare per quanto attiene le foreste, ha cercato di associare un valore economico a quelli non strettamente legati al mercato (Vizzarri et al., 2017); ulteriore recente passo avanti (Ding et al., 2016), ma che necessita di approfondimenti anche con eventuali casi studio, è prevedere l'impatto che i cambiamenti climatici potranno avere su questi servizi in termini di mitigazione e adattamento. Basti pensare all'ultimo rapporto IPCC *Climate Change and Land* che sottolinea come "...la protezione delle foreste e la riduzione del degrado forestale è l'opzione di mitigazione che ha il potenziale più elevato anche in termini di benefici ambientali e sociali..."; tale obiettivo potrà essere raggiunto soltanto mediante una migliore pianificazione e gestione sia delle superfici boschive esistenti sia di quelle oggetto di pratiche di riforestazione e afforestazione.

IL PROGETTO CLIMATE-KIC MADAMES-AX

In questo contesto, come esempio progettuale di innovazione nel settore forestale, direttamente applicato al mercato dei relativi servizi, si colloca il progetto [MADAMES-AX](#), (mAXimizing climate benefits and economic sustainability of forestry with the MADAMES approach – Mitigation and ADaptation Analysis for Mediterranean Ecosystem Services). Il progetto ha lo scopo di individuare e validare un modello di business di imprese forestali che intendono scambiare servizi ecosistemici

prodotti dalle foreste gestite in modo sostenibile, applicando sul campo un modello basato su dati climatici e stazionali, il cosiddetto "dimostratore". Durante il progetto, sono stati pertanto coinvolti proprietari forestali, enti di ricerca, aziende di lavorazione del legno, aziende per la vendita di prodotti derivati dalle foreste e associazioni di categoria. Il coinvolgimento del mercato è reso possibile anche grazie al coinvolgimento di Leroy Merlin Italia, con l'intento comune di valorizzare pratiche di gestione forestale sostenibile per la vendita di servizi ecosistemici, come anticipato nel [Bilancio partecipato 2019](#) (pag. 72) di Leroy Merlin stesso.

Il progetto si è svolto da marzo a novembre 2020, è stato finanziato da [EIT – Istituto Europeo di Innovazione e Tecnologia](#) nell'ambito della comunità dell'innovazione chiamata [CLIMATE-KIC](#), ed è stato coordinato da [MEEO S.r.l – Meteorological and Environmental Earth Observation](#), azienda privata della rete Climate-KIC con competenze nell'integrazione dei servizi basati su dati ambientali. Le attività si sono svolte in collaborazione con la fondazione [CMCC – Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici](#), anch'esso membro della stessa KIC, con il supporto del [PEFC Italia](#) e del [Consorzio Agro-forestale dei Comunelli di Ferriere](#); nel progetto medesimo è stato coinvolto anche l'[Istituto di Istruzione Superiore Parentucelli Arzelà](#) (Figura 1).

MADAMES-AX rappresenta il seguito del



Figura 1. Logo dei partner del progetto Madames-AX, ente finanziatore EIT Climate-KIC e composizione del consorzio di progetto.

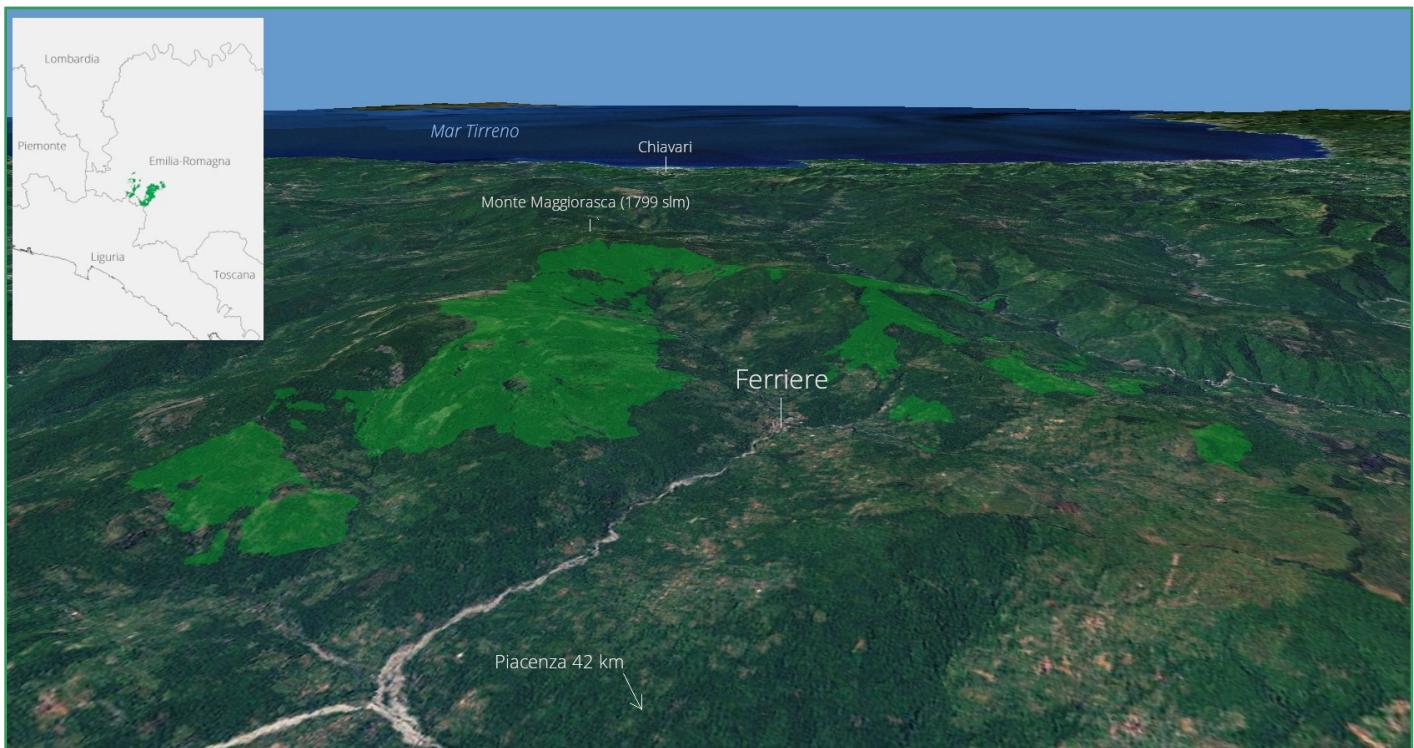


Figura 2. Mappa in 3D dell'area di progetto del Consorzio Agro-Forestale dei Comunelli di Ferriere e relativo inquadramento geografico (elaborazione degli Autori).

progetto [MADAMES](#), condotto nel 2018 con l'obiettivo di condurre uno studio di fattibilità per la creazione di un servizio utile alla gestione sostenibile dei servizi ecosistemici forestali. Le attività si sono focalizzate su un'area forestale certificata per la sua gestione sostenibile, il Consorzio Agro-Forestale dei Comunelli di Ferriere (Figura 2), che ha già in essere un [accordo con Leroy Merlin Italia](#) per la realizzazione di interventi di gestione sostenibile e, proprio tale ambito di collaborazione, ha consentito al progetto di calarsi nel mercato reale, con la validazione del modello di business e l'applicazione del “dimostratore” di CMCC utilizzando dati reali raccolti sulle aree di studio. Le principali attività di progetto hanno riguardato, partendo dai risultati di MADAMES, la finalizzazione del modello di business più appropriato e l'individuazione degli *stakeholder* ovvero di ulteriori soggetti del mercato industriale

e forestale che possono essere coinvolti nelle attività.

Nella seconda parte del progetto, le attività sono state indirizzate all'implementazione di un dimostratore *offline* per l'area di progetto di Comunelli di Ferriere. CMCC, attraverso l'elaborazione di dati relativi alle caratteristiche del bosco e del clima nella componente modellistica [3D-CMCC FEM](#), ha identificato alcuni tra i più importanti servizi ecosistemici prodotti nell'area forestale ed in particolare la quantità di carbonio che il bosco gestito in modo sostenibile è in grado di usare con efficienza per la produzione primaria.

Le attività di comunicazione e divulgazione svolte dai partner di MADAMES-AX in collaborazione con Climate-KIC Italia, hanno previsto altresì un ruolo attivo da parte degli studenti dell'[Istituto di Istruzione Superiore Parentucelli Arzelà](#), grazie al coinvolgimento, nel consorzio di progetto, di un

loro insegnante, nonché consulente del Consorzio agro-forestale dei Comunelli di Ferriere.

L'APPROCCIO INNOVATIVO DI PROGETTO

La principale componente innovativa di MADAMES-AX risiede nell'applicazione di un *Forest Ecosystem Model* (FEM) come *off-line Demonstrator*, ai boschi dei Comunelli di Ferriere, questo con lo scopo di riprodurre alcuni dei processi biochimici e biofisici (produzione di biomassa, ciclo dell'acqua e del carbonio etc.) propri delle formazioni forestali, in risposta a vari scenari di condizioni climatiche e di gestione forestale.

Il *Demonstrator* è basato su 3D-CMCC FEM (Collalti et al.; 2014, Collalti et al.; 2015, Marconi et al.; 2017, Collalti et al., 2018), un modello ibrido che sfrutta sia l'approccio empirico che quello basato sui processi e può essere utilizzato sia a scopi di ricerca, sia in fase operativa di gestione forestale. A questo proposito il modello può svolgere sia una funzione di supporto per il monitoraggio delle risorse esistenti sia per proiezioni utilizzabili nel processo decisionale.

3D-CMCC FEM vede la sua applicabilità non solo a foreste o piantagioni coetanee e nel complesso omogenee, ma anche a foreste naturali notoriamente caratterizzate dall'essere multispecifiche (miste), disetanee (con classi di età molto diversificate) e multi-strato (diversi livelli di altezza delle chiome). Il modello è, quindi, particolarmente utile per:

- quantificare i bilanci delle emissioni di carbonio delle foreste;
- valutare gli effetti dei cambiamenti climatici (e dei relativi eventi estremi) sulle foreste;
- orientare le scelte di gestione forestale in

ottica, ad esempio, di crescita della biomassa e previsione delle rese, verso pratiche volte alla mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici.

I risultati forniti riguardano in maniera diretta i servizi ecosistemici forestali: in particolare quelli di approvvigionamento (legna e legname) e quelli di regolazione (clima e ciclo dell'acqua). Poiché conoscere e modellare le dinamiche relative al ciclo del carbonio svolge un ruolo primario nella mitigazione, porre lo sguardo al futuro tenendo in considerazione nella gestione forestale il clima che cambia, lega gli obiettivi di mitigazione a quelli di adattamento. A questo scopo viene considerato un insieme di proiezioni climatiche per indagare con un approccio scientificamente basato sul concetto di *likelihood* (in italiano potrebbe essere sintetizzato con "massima probabilità") le capacità delle foreste in termini di variabilità di produzione inter ed intra annuale di biomassa e sequestro di carbonio, sotto scenari di condizioni climatiche diverse da quelle attuali.

L'applicabilità di questo approccio è stata già verificata in precedenti progetti, come ad esempio il Climate-KIC Pathfinder [MADAMES](#), ma in questa fase oltre all'utilizzo di serie di dati climatici (osservati o provenienti da modelli del [Copernicus Climate Change Service](#)) è previsto che il *Demonstrator* si basi sull'integrazione di dati ricavati da una fase di monitoraggio (reperiti *in situ* e telerilevati) e su una parametrizzazione accurata del modello 3D-CMCC FEM.

UN MODELLO DI BUSINESS PER LA VENDITA DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

MADAMES-AX, grazie alle interazioni previste con il mercato, può essere collocato proprio tra i progetti che, in modo concreto, possono

contribuire a fornire opzioni di mitigazione che implicano importanti benefici sia dal punto di vista ambientale che sociale, associando un valore economico ai servizi non strettamente legati al mercato, ovvero a quelli ecosistemici forestali.

Il progetto prevede infatti la finalizzazione di un modello di business che esprime mutuo beneficio sia per i gestori forestali che per chi acquista il servizio ecosistemico, (come schematizzato dall'infografica di Figura 3), con un focus sull'implementazione di attività addizionali già in essere tra il Consorzio Comunelli di Ferriere e [Leroy Merlin Italia](#), per compensare le proprie emissioni di CO₂ legate al trasporto delle merci.

Il supporto che Leroy Merlin Italia ha offerto al progetto MADAMES-AX, è infatti legato alla volontà di rafforzare il suddetto accordo già siglato con il Consorzio dei Comunelli di Ferriere e di includere le risultanze del progetto nelle

proprie attività di comunicazione.

In questo contesto, una delle attività del progetto MADAMES-AX è legata all'analisi dei modelli di business di proprietari e gestori forestali, nella prospettiva di accesso al mercato dei servizi ecosistemici.

IL QUESTIONARIO

Attraverso un questionario rivolto ai proprietari forestali, preparato e distribuito nell'ambito dello studio di fattibilità del progetto MADAMES, è stato possibile capire non solo quali servizi ecosistemici sono percepiti come maggiormente importanti per gli imprenditori forestali (Figura 4 a), ma anche il grado di diffusione delle tecnologie nel mondo forestale e l'attitudine all'uso delle stesse in relazione a strumenti di supporto per la stima dei servizi ecosistemici (Figura 4 b).

Il questionario è stato preparato e distribuito nei

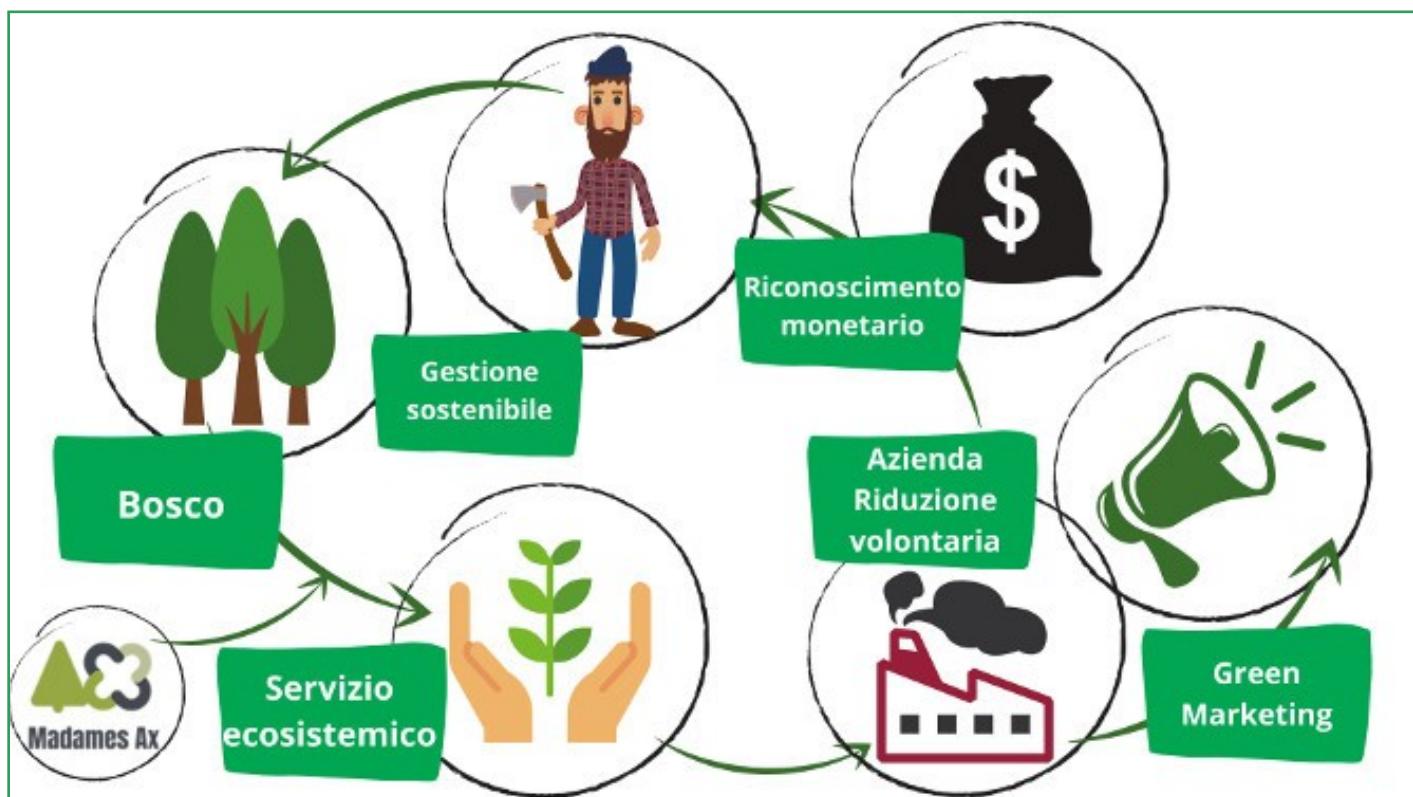


Figura 3. Rappresentazione dello schema di compensazione delle emissioni, relativamente al mercato dei servizi ecosistemici, nella gestione forestale sostenibile (elaborazione degli Autori).

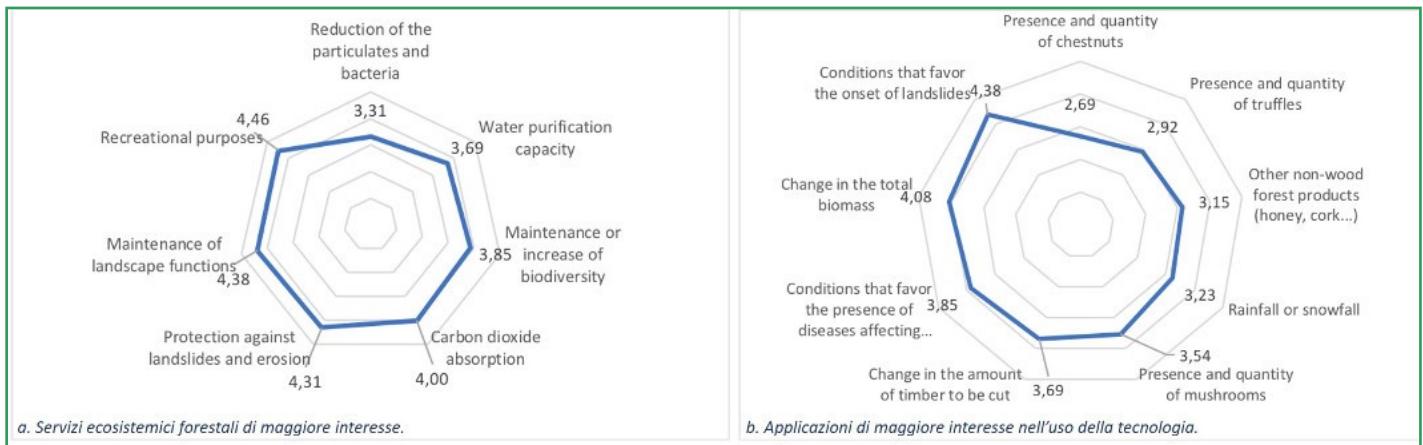


Figura 4. Servizi ecosistemici di maggiore interesse per gli imprenditori forestali (a) e principali aree di interesse nell'uso della tecnologia di supporto per la stima dei servizi ecosistemici (b) (elaborazione degli Autori).

mesi di settembre e ottobre 2018 ed è stato somministrato ai proprietari e gestori forestali italiani certificati secondo gli [standard di Gestione Forestale Sostenibile \(GFS\) PEFC](#), rappresentanti quasi l'8% della superficie forestale italiana.

Nella lettura dei risultati è bene quindi evidenziare il fatto che i soggetti intervistati, gestendo foreste certificate, sono tenuti ad avere un piano di gestione valido per tutta la superficie certificata. Sia questo aspetto che la presenza della certificazione stessa, sono elementi che rendono il campione di soggetti intervistati non rappresentativo di tutti i proprietari e gestori forestali italiani, ma rappresentativo di quelli certificati.

Il questionario è stato preparato e inviato tramite la piattaforma Google Moduli; in una seconda fase, al fine di coinvolgere maggiormente gli intervistati ed evitare che le risposte al questionario fossero influenzate dal *digital divide*, sono stati inoltre fissati alcuni appuntamenti telefonici. Per le certificazioni GFS individuali, gli appuntamenti sono stati fissati con il proprietario o gestore della foresta; per i certificati di gruppo, invece, gli appuntamenti sono stati fissati con ciascun capofila. In totale, 13 soggetti (corrispondenti al 46,6% del

totale dei referenti di Certificati di GFS PEFC in Italia e rappresentanti 813.396,44 ettari di superficie) hanno risposto al questionario.

Il questionario è stato suddiviso in quattro blocchi principali:

- i) servizi ecosistemici potenzialmente interessanti per la proprietà forestale;
- ii) uso attuale di tecnologie da parte della proprietà;
- iii) uso di tecnologie applicate a software e applicazioni per la valutazione di servizi ecosistemici;
- iv) dati personali e attività

Al fine di capire se i proprietari/gestori certificati PEFC siano in possesso di capacità adeguate all'uso di applicativi informatici per il monitoraggio e la stima dei servizi ecosistemici prodotti dalle loro foreste, è stato chiesto se l'uso di *smartphone* e computer sia abituale nell'ambito delle attività lavorative dell'organizzazione certificata.

Dalle risposte è emerso come l'uso di questi strumenti digitali sia ormai generalmente integrato con le operazioni di gestione ordinaria delle organizzazioni certificate per attività di "base" (come gestione della posta elettronica, scrittura di documenti, raccolta di documen-

tazione fotografica) e abbastanza integrato per attività più avanzate (uso di software GIS, GPS). Un secondo aspetto affrontato con questionario è la disponibilità da parte delle organizzazioni certificate a cedere servizi ecosistemici generati dalla gestione del bosco, dietro un riconoscimento monetario. I servizi ecosistemici che risultano essere più interessanti sono il valore ricreativo, la capacità di mantenimento delle funzioni paesaggistiche, la protezione da frane e smottamenti e la capacità di sequestro di CO₂. Probabilmente, questo risultato è da imputare al fatto che i primi tre servizi ecosistemici individuati siano quelli più “visibili” e con ripercussioni dirette (come l'aumento del turismo naturalistico) e quindi verosimilmente quelli il cui mercato può sembrare quello più concreto; il quarto servizio ecosistemico ritenuto come più interessante (la capacità di sequestro di CO₂) è, tra tutti i servizi ecosistemici, quello con esperienze di scambio in mercati volontari più frequenti e consolidate. In questo caso, quindi, la scelta potrebbe essere legata alla conoscenza del mercato e alla volontà di intercettare le relative opportunità.

DISCUSSIONE

Una volta definita la capacità di utilizzo di strumenti informatici e identificata la gamma di servizi ecosistemici che risultano essere più interessanti per i proprietari e gestori forestali, è stata chiesta un'opinione riguardo alla possibilità di integrare nelle attività dell'organizzazione, strumenti informatici in grado di dare indicazioni su gestione e quantificazione di servizi ecosistemici.

Gli applicativi che risulterebbero maggiormente utili sono strumenti in grado di dare indicazioni su possibili frane e smottamenti e subito dopo

strumenti in grado di quantificare la crescita della biomassa e strumenti per valutare le condizioni che possono favorire l'insorgere di fitopatologie. Tutte le altre proposte (come strumenti per valutare la quantità di biomassa asportabile e la presenza e quantità di prodotti forestali non legnosi) sono stati valutati di minore interesse.

Il lavoro di ricerca è proseguito con l'analisi degli elementi chiave del tipico modello di business del proprietario/gestore forestale certificato PEFC e degli elementi innovativi che si andrebbero ad aggiungere al modello nel caso di accesso al mercato dei servizi ecosistemici, analizzando quindi le possibili soluzioni organizzative e strategiche attraverso le quali l'impresa otterebbe vantaggi competitivi.

Il modello di business è stato rappresentato attraverso lo strumento del [Business Model Canvas](#) (Figura 5) così da avere una visione d'insieme delle interconnessioni presenti all'interno del modello e anche una chiara rappresentazione dei principali elementi che compongono il modello di business stesso.

Le nove aree del modello, che rappresentano le componenti chiave del modello di affari di un'azienda (valore offerto, partner chiave, attività chiave, risorse chiave, rapporti con i clienti, canali, segmenti di clientela, struttura dei costi e flussi dei ricavi) sono state popolate, inserendo gli elementi tipici di organizzazioni certificate PEFC (figura 5, in nero) e gli elementi innovativi che sarebbero introdotti con l'avvio della quantificazione e vendita di servizi ecosistemici (in rosso).

Sulla base di questi risultati preliminari, attraverso le attività del progetto Madams-AX, si approfondirà questo modello di business, applicando lo strumento del “[triple layered](#)

<u>PARTNERSHIP CHIAVE</u>		<u>ATTIVITA' CHIAVE</u>	<u>VALORE</u>	<u>RELAZIONI CON I CLIENTI</u>	<u>SEGMENTI CLIENTELA</u>
Consorti forestali		Gestione forestale	Prodotti legnosi	Clienti locali	Mercati di nicchia (segherie o imprese di trasformazione locali)
Altri proprietari/gestori forestali certificati e non		Prelievo legnoso	Prodotti forestali non legnosi	Rapporti diretti e stabili	Aziende di trasformazione
PEFC Italia		Vendita	Certificazione PEFC	Rapporti più formali per clienti di grandi dimensioni economiche	Ristoranti locali
Organizzazioni di categoria		Valutazione e vendita dei servizi ecosistemici			Associazioni locali
Amministrazioni locali		RISORSE CHIAVE	Gestione e miglioramento del territorio (valore non misurato)	CANALI	Canali con imprese della Grande Distribuzione Organizzata, con aziende di trasformazione o con altri soggetti pubblici o privati che vogliono compensare il proprio impatto
Segherie					
Associazioni turistiche locali					
Professionisti					
Università			Fornitura di servizi ecosistemici alla società civile e a privati (valore riconosciuto)		
Acquirenti di servizi ecosistemici		Lavoro			
Gestori di servizi pubblici					
STRUTTURA DEI COSTI		FLUSSI DEI RICAVI			
Costi di monitoraggio e gestione		Vendita di prodotti forestali			
Tasse		Contributi pubblici			
Certificazione		Vendita di servizi ecosistemici			
Pagamento per servizio di stima dei servizi ecosistemici					

Figura 5. Business Model Canvas applicato al gestore forestale certificato PEFC. In nero gli elementi tradizionali e in rosso quelli innovativi che potrebbero essere integrati grazie al mercato dei servizi ecosistemici (elaborazione degli Autori).

business model Canvas" (Pigneur, Yves et al, 2015) che permetterà di valutare non solo gli aspetti economici, ma anche quelli sociali e ambientali. In particolare, attraverso interviste dirette agli stakeholder saranno definite le principali caratteristiche di reali modelli di business attuali e potenziali di organizzazioni certificate PEFC.

Oltre a questa attività, è stato poi approfondito l'altro lato del mercato, cioè quello della domanda di servizi ecosistemici, rappresentato da organizzazioni che decidono di compensare l'impatto ambientale generato dalle proprie attività, tramite il finanziamento di attività addizionali a proprietari e gestori forestali.

In una prima fase progettuale è stata completata la mappatura di stakeholder rappresentanti di industrie di trasformazione e del mondo della GDO che

hanno già finanziato attività di compensazione delle proprie emissioni, che sono intenzionate a farlo o che non hanno mai pensato ad un'attività di questo tipo. Nei mesi successivi i soggetti individuati sono stati intervistati.

L'obiettivo è quello di capire quali sono le aspettative e le esigenze comuni al lato della domanda di servizi ecosistemici, al fine di trovare gli elementi che devono essere migliorati per favorire l'incontro con l'offerta. Una situazione che si potrebbe definire a pieno titolo come *win win win*, in quanto portatrice di benefici per le imprese che vogliono compensare le proprie emissioni, per i proprietari forestali che possono vedere remunerate attività addizionali legate alla gestione del proprio bosco e per la società civile, che può godere dei benefici prodotti dalla corretta gestione del patrimonio forestale.

ATTIVITÀ DI DIVULGAZIONE

Un'ulteriore attività chiave del progetto è la divulgazione delle informazioni e dei risultati. Per questa, è stato deciso di adottare un approccio innovativo, legato al coinvolgimento di un Istituto superiore, l'[Istituto di Istruzione Superiore Parentucelli Arzelà](#), che sarà attivo nel progetto in due fasi.

In una prima fase, partita a Maggio 2020, gli studenti sono stati coinvolti nella “MADAMES-AX challenge” che ha come obiettivo quello di far comprendere, attraverso la creatività e le idee innovative dei ragazzi, il significato e la funzione dei servizi ecosistemici in relazione al valore di un bosco gestito in modo sostenibile. A Settembre 2020, MEEO ha formalizzato con l' Istituto Superiore Parentucelli-Arzelà la Convenzione relativa al Percorso per le Competenze Trasversali e l'Orientamento focalizzata sulle attività del progetto MADAMES-AX. Per MEEO, l'attività con la scuola proseguirà anche nel 2021 e, sulla base di quanto appreso attraverso la challenge, i confronti avuti con MEEO e la partecipazione al workshop finale, verrà preparato materiale divulgativo sui risultati di progetto.

Questo tipo di approccio ha quindi un duplice obiettivo: da una parte quello di arricchire il percorso di studi di un Istituto superiore, tramite la partecipazione a seminari, la fornitura di materiali e lanciando spunti di riflessione, dall'altra quello di ampliare le modalità di comunicazione del progetto, valorizzando le abilità digitali e la sensibilità verso l'ambiente delle generazioni più giovani.

CONCLUSIONI

Poiché la salvaguardia e il ripristino dei servizi ecosistemici assumono un ruolo chiave per la vita sulla terra, prioritario nella strategia nazionale sulla biodiversità, per riconsiderare i termini economici di

quest'ultima ([Ecoscienza, n.3 2010](#)) , il portfolio di progetti di EIT Climate-KIC in Italia punta molto sul ruolo del settore forestale per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici e, con il progetto MADAMES-AX, si propone di valutare come migliorare gli investimenti nel settore della gestione forestale sostenibile.

In particolare, il progetto rientra nelle azioni di supporto alla gestione forestale sostenibile, validando sul mercato un nuovo modello di affari e realizzando il “dimostratore” di uno strumento di monitoraggio per supportare i proprietari di aree forestali nella gestione innovativa e sostenibile dei servizi ecosistemici.

Contraddistingue il progetto la forte componente innovativa nell'applicazione della modellistica 3D-CMCC-FEM per il monitoraggio degli ecosistemi forestali, combinata ad un'analisi dei modelli di affari relativi al mercato dei servizi ecosistemici che tiene conto sia degli aspetti economici sia di quelli relativi all'impatto sia sociale ed ambientale.

Peculiarità di valore del progetto, il contesto reale di mercato nel quale si colloca, grazie alla focalizzazione sull'area geografica del Consorzio dei Comunelli di Ferriere e all'utilizzo dei dati locali, grazie al supporto morale di Leroy Merlin Italia in virtù dell'accordo in essere, relativo alle iniziative di compensazione delle proprie emissioni e grazie al coinvolgimento PEFC Italia. Il coinvolgimento dell'Istituto di scuola Superiore contribuisce a raggiungere, con la partecipazione attiva degli studenti, anche le famiglie e i cittadini informandoli e sensibilizzandoli sulle iniziative di gestione forestale sostenibile messe in campo in ambito industriale e scientifico e sull'importanza di una corretta conduzione e utilizzo delle foreste a salvaguardia della loro biodiversità.

Per maggiori informazioni: <https://www.madames-ax.info/>

BOX - LA CERTIFICAZIONE FORESTALE PEFC IN ITALIA: UNO STRUMENTO PER RISPONDERE ALLE ESIGENZE DELLA SOCIETÀ

[Francesco Dellagiacoma](#) - PEFC Italia

La certificazione forestale si basa (a) sulla Gestione Forestale Sostenibile, che viene definita secondo criteri di riferimento e individuando una serie di indicatori; e (b) sulla Catena di Custodia, vale a dire sulla tracciatura dei prodotti, legnosi e non, che provengono dalle foreste certificate fino ai prodotti finali: al consumatore viene garantita la provenienza delle materie prime forestali da una gestione sostenibile della foresta, quindi dal mantenimento/miglioramento della foresta e dei servizi che essa offre alla società con la sua presenza e non dalla distruzione/degrado delle foreste. Nasce nel periodo successivo alla conferenza ONU di Rio del 1992 dedicata ai temi ambientali che adottò formalmente le convenzioni sulla biodiversità e sul cambiamento climatico e i [principi sulle foreste](#): questi non impegnano legalmente i paesi firmatari, ma enunciano i principi della gestione forestale sostenibile, basati sulla multifunzionalità (funzioni produttive, protettive e sociali, a favore dei proprietari e della società locale, regionale e globale).

La certificazione forestale è nata per implementare questi principi, verificando la loro applicazione nella gestione, con la creazione di un logo che poi accompagnerà i prodotti. Nel 1993 a Toronto viene fondato a questo scopo il Forest Stewardship Council; ne furono promotori, oltre ad alcuni attori dell'industria del legno, le maggiori associazioni protezioniste internazionali, come WWF e Greenpeace. Nel 1999 su iniziativa delle associazioni dei proprietari forestali europei venne fondato PEFC, Pan European Forest Certification, basato sul riconoscimento di sistemi nazionali di certificazione forestale all'epoca presenti in Europa. Nel 2003, dopo l'entrata di vari schemi extraeuropei, il nome è stato cambiato in Program for Endorsement of Forest Certification schemes. [Oggi nel mondo sono certificati PEFC 325 milioni di ha di foreste](#) (su 430 milioni di ha), con oltre 20.000 catene di custodia in 70 Paesi; aderiscono a PEFC 53 organismi nazionali, con 47 schemi riconosciuti. [In Italia la superficie forestale certificata PEFC è di 859.000 ha.](#)

La sostenibilità nella gestione forestale

I concetti di produzione durevole (da cui è derivato quello di sostenibilità) e di protezione territoriale (da cui è derivata la multifunzionalità) hanno una lunghissima storia nel settore forestale, per effetto della lunghezza del ciclo produttivo delle piante europee, superiore alla durata media della vita umana. Basti ricordare l'ordinamento forestale della diocesi di Speyer (Germania) del 1442 e quello dell'area montana del Fichtelgebirge in Baviera del 1570 con la previsione di creare riserve per il caso di guerre, incendi o altre calamità (Hasel, Schwartz, 2002). Per l'Italia si ricordano i casi della Repubblica di Venezia con i vari regolamenti forestali a partire dal 1475 fino quello dei boschi dell'Istria del 1777, che prevedevano censimento delle foreste, l'istituzione di provveditori e norme di tutela (F. Viola, 2011), le molte carte di regola del Trentino (M. Nequirito, 1988) o il "Codice Forestale Camaldoiese".

Il concetto di produzione durevole divenne importante con la centralità delle miniere nell'epoca preindustriale, in quanto il consumo di legname per l'industria mineraria e metallurgica era enorme. Carl von Carlowitz, sovrintendente alle miniere in Sassonia utilizzò per la prima volta il concetto nell'opera *Sylvicultura Oeconomica* (1713), indicando come obiettivo essenziale per lo stato una struttura del bosco tale che permettesse una produzione continua e durevole. Lo studioso forestale Goerg Ludwig Hartig perfezionò il concetto istituendo l'assestamento forestale (1791): l'aspetto più importante e utile dell'azione del forestale è l'allevamento del bosco, cioè la cura del bosco giovane cosicché l'utilizzazione annuale viene reintegrata e il bosco viene mantenuta in modo durevole e costante. Il concetto moderno si è esteso dalla mera produzione di legname all'insieme dei prodotti e servizi: la foresta deve rispondere ai bisogni sociali, economici, ecologici, culturali e spirituali della generazione attuale e di quelle future.

La certificazione PEFC

I sistemi nazionali di certificazione forestale sono sviluppati attraverso processi multi-stakeholder e adattati alle priorità

e alle condizioni locali e sono basati sul mantenimento di:

- Risorse forestali e ciclo del carbonio: superficie e consistenza della compagine, assorbimento e stoccaggio del carbonio;
- Salute e vitalità delle foreste: mantenimento e miglioramento del loro stato e dinamica equilibrata;
- Funzioni produttive delle foreste: mantenimento e miglioramento della produzione quantitativa e qualitativa (prodotti legnosi e altri);
- Biodiversità: mantenimento e miglioramento della composizione, specie naturali e in equilibrio con l'ambiente; funzione naturalista, mantenimento di habitat e delle specie rare e di interesse;
- Funzioni protettive delle foreste: protezione del territorio e del ciclo dell'acqua e dalle calamità naturali (frane, valanghe, alluvioni, incendi);
- Aspetti socio economici: lavoro, diritti dei proprietari e portatori di interesse, accesso e ricreazione, conservazione aspetti storici, culturali, paesaggistici.

Complessivamente il sistema si prefigge di verificare che la gestione forestale mantenga tutte le funzioni esercitate dal bosco e che le migliori, con valutazione fatta sulla base degli indicatori. Il controllo viene fatto da organismi esterni, indipendenti e accreditati (Organismi di Certificazione). La pianificazione individua le funzioni svolte dalle foreste (plurime ma con diverse accentuazioni) e gli indicatori consentono una verifica puntuale del loro mantenimento e miglioramento nel tempo. Molte grandi foreste dimostrano efficacemente la gestione multifunzionale e in particolare la compatibilità della funzione produttiva con quella protettiva, ambientale e paesaggistica: Tarvisio, Val Visdende e Cadore, Braies, Latemar e Val d'Ega, Paneveggio, Fiemme e Campiglio, Alta Val Susa, Salbertrand (e tante altre) sono realtà forestali di primo piano, note e apprezzate, che continuano a svolgere un'importante funzione produttiva.

Indicatori PEFC per la salvaguardia della biodiversità

Gli indicatori possono essere di livello aziendale (piani di gestione della proprietà) o territoriale (piani forestali territoriali), spesso più appropriato per la biodiversità.

- Quota della rinnovazione naturale rispetto alla superficie della foresta in rinnovazione. La rinnovazione naturale garantisce una forte diversità genetica ed è un importante indicatore che la specie è adatta all'ambiente.
- Specie autoctone e introdotte. Si privilegiano le specie autoctone promuovendo boschi misti in sintonia con l'ambiente naturale. Nei rimboschimenti artificiali deve comunque essere mantenuta una certa biodiversità.
- Promozione dei boschi misti e pluristratificati. Questo garantisce diversità biologica, ricchezza di habitat e di specie, maggior resilienza in caso di calamità naturali e maggiori capacità di adattamento.
- Danni agli ecosistemi rari, sensibili e rappresentativi e alle riserve genetiche, specie minacciate o altre specie significative, percorsi della fauna migratoria. L'estesa e diversificata superficie forestale ospita ambienti e specie di grande interesse naturalistico e di biodiversità. Le attività forestali e le infrastrutture non devono arrecare danni a queste emergenze.
- Controllo della pressione delle popolazioni di animali domestici e selvatici sulla rinnovazione, sulla crescita e sulla biodiversità del bosco, che possono modificare la futura composizione eliminando le specie più sensibili.
- Alberi di specie rare, monumentali e storici, piante morte. Si tratta di elementi puntuali di particolare importanza, che devono essere oggetto di salvaguardia. La presenza di una certa quantità di legno morto è essenziale per aumentare la ricchezza biologica dell'ecosistema (organismi decompositori, insetti, uccelli).
- Boschi monumentali, aree umide e Natura 2000, specie di alto valore naturalistico devono essere evidenziati prevedendo direttive per la loro salvaguardia/gestione conservativa.

BIBLIOGRAFIA

Benavides R., Escudero A., Coll, L., Ferrandis P., Ogaya, R., Gouriveau F., Penuelas J., Valladares F., 2016. *Recruitment patterns of four tree species along elevation gradients in Mediterranean mountains: Not only climate matters.* Forest Ecology and Management, Volume 360, pp. 287-296.

Correa Ayram C.A., Mendoza M.E., Etter A., Salicrup D.P., 2016. *Habitat connectivity in biodiversity conservation: A review of recent studies and applications.* Progress in Physical Geography, Volume 40.1, pp. 7-37.

Collalti A., Perugini L., Santini M., Chiti T., Nole A., Matteucci G., Valentini R., 2014. *A process-based model to simulate growth in forests with complex structure: Evaluation and use of 3D-CMCC Forest Ecosystem Model in a deciduous forest in Central Italy.* Ecological modelling, Volume 272, pp. 362-378.

Collalti A., Marconi S., Ibrom A., Trotta C., Anav A., D'Andrea E., Matteucci G., Montagnani L., Gielen B., Mammarella I., Grünwald T., Knohl A., Valentini R., Santini M., 2015. *Validation of 3D-CMCC Forest Ecosystem Model (v.5.1) against eddy covariance data for ten European forest sites.* Geoscientific Model Development, Volume 8.

Collalti A., Trotta C., Keenan T. F., Ibrom A., Bond-Lamberty B., Grote R., 2018. *Thinning can reduce losses in carbon use efficiency and carbon stocks in managed forests under warmer climate.* Journal of Advances in Modeling Earth Systems, Volume 10, pp. 2427–2452.

Cuttelod A., García, V., Abdul Malak D., Temple H., Katariya V, 2009. *The Mediterranean: a biodiversity hotspot under threat.* In: *Wildlife in a Changing World—an analysis of the 2008 IUCN Red*

List of Threatened Species. s.l.: IUCN, p. 89.

Ding H., Chiabai A., Silvestri S., Nunes P., 2016. *Valuing climate change impacts on European forest ecosystems.* Ecosystem Services, Volume 18, pp. 141-153.

Fady-Welterlen B., 2005. *Is there really more biodiversity in Mediterranean forest ecosystems?* Taxon, Volume 54, pp. 905-910.

Giorgi F., 2008. *Climate change hot-spots.* Geophysical Research Letters, Volume 33, pp. 1-4.

Lefèvre F., Fady B., 2016. *Introduction to Mediterranean Forest Systems: Mediterranean Basin.* In: *Insects and Diseases of Mediterranean Forest Systems.* s.l.:s.n., p. 892.

Lindner M., Maroscheck M., Netherer S., Kremer A., Barbati A., Garcia-Gonzalo J., Seidl R., Delzon S., Corona P., Kolström M., Lexer M.J., Marchetti M., 2010. *Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems.* Forest Ecology and Management, pp. 698-709.

Lionello P., D'Agostino R., 2019. *Consensus and disagreement among models on Mediterranean climate changes from the last glacial maximum to future high emission scenarios.* Geophysical Research Abstracts, Volume 21.

Lozano O., Salis M., Ager A., Arca B., Alcasena F., Monteiro A.T., Finney M., Del Giudice L., Scoccimarro E., Spano D., 2017. *Assessing Climate Change Impacts on Wildfire Exposure in Mediterranean Areas.* Risk Analysis, Volume 37.10, pp. 1898-1916.

Marconi S., Chiti T., Nole A., Valentini R., Collalti A., 2017. *The role of respiration in estimation of net carbon cycle: coupling soil carbon dynamics and canopy turnover in a novel version of 3D-CMCC forest ecosystem model.* Forests, Volume 8, p. 22.

- MEA, 2005. *Ecosystem and Human Well-Being: Synthesis*, s.l.: Island Press.
- Nocentini S., Coll L., 2013. *Mediterranean forests. Human use and complex adaptive systems*. In: *Managing Forests as Complex Adaptive Systems: Building Resilience to the Challenge of Global Change*. s.l.:s.n., p. 214.
- Noce S., Collalti A., Santini M., 2017. *Likelihood of changes in forest species suitability, distribution, and diversity under future climate: The case of Southern Europe*. *Ecology and Evolution*, Volume 7, pp. 9358-9375.
- Pigneur Y., Joyce A., Paquin R., 2015. *The triple layered business model canvas: a tool to design more sustainable business models*. ARTEM Organizational Creativity International Conference, 26-27 March 2015, Nancy, France.
- Quézel P., 1999. *Biodiversity and Conservation of Forest Species in the Mediterranean Basin*. Unasylva, pp. 21-28.
- Santolini R., 2010. *Servizi ecosistemici e sostenibilità*. Ecoscienza Numero 3, Anno 2010
- Scarascia-Mugnozza G., Oswald H., Piussi, P., Radoglou K., 2000. *Forests of the Mediterranean region: gaps in knowledge and research needs*. *Forest Ecology and Management*, Volume 132, pp. 97-109.
- Tognetti R., Lasserre B., Di Febbraro M., Marchetti M., 2019. *Modeling regional drought-stress indices for beech forests in Mediterranean*. *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume 265, pp. 110-120.
- Vizzarri M., Sallustio L., Travaglini D., Bottalico F., Chirici G., Garfi V., Laforteza R., La Mela Veca D.S., Lombardi F., Maetzke F., Marchetti M., 2017. *The MIMOSE Approach to Support Sustainable Forest Management Planning at Regional Scale in Mediterranean Contexts*. *Sustainability*, Volume 9, p. 316.

SENSORISTICA IOT, IA, BIG DATA GEORIFERITI PER L'OTTIMIZZAZIONE DI PRATICHE DI GESTIONE DEL TERRITORIO E DELLA FORESTAZIONE

[Claudia Di Lonardo¹](#), [Sara Di Lonardo²](#)

¹ Dipartimento di Scienze della Terra - Università degli Studi di Pisa;

Vigilanza Anticendi Boschivi (VAB-onlus Protezione Civile)

² Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri - Consiglio Nazionale delle Ricerche (IRET-CNR)

Abstract: Il nuovo approccio per la valorizzazione di territori urbani, che comprende le soluzioni basate su sensoristica, intelligenza artificiale e open big data georiferiti, garantisce una nuova, più efficiente e sostenibile gestione basata sull'ottimizzazione dei processi. In questo scenario, anche la gestione delle foreste sta cambiando. Le soluzioni innovative per la loro gestione riguardano anche concetti quali la trasparenza, la diffusione e l'utilizzo di dati pubblici, di dati condivisi dai cittadini e una condivisione delle informazioni tra amministrazioni e comunità. Il nuovo modello di gestione è dunque, oggi, un metodo per coinvolgere i cittadini e per cercare di combattere i cambiamenti ambientali in atto secondo modelli di sviluppo coerenti con gli obiettivi di sostenibilità ambientale, economica e sociale.

Parole chiave: gestione forestale, gestione del territorio, dati ambientali, smart governance.

IoT sensors, AI, geo-referenced big data for the optimization of urban management and forestation practices

The new approach to the valorization of urban areas, which includes solutions based on IoT, AI and open georeferenced big data, guarantees a new, more efficient and more sustainable management based on process optimization. In this scenario, forest management is also changing thanks to innovative solutions based on concepts such as transparency, dissemination and use of public data, data shared by citizens and a sharing of information between administrations and communities. The new management model aims therefore at involving citizens trying to tackle the overall environmental changes, according to development models consistent with the objectives of environmental, economic and social sustainability.

Key words: forest management, land management, environmental data, smart governance.

INTODUZIONE

Le foreste hanno un ruolo ecologico fondamentale per la loro azione sull'atmosfera grazie alla produzione di ossigeno, alla sottrazione di anidride carbonica, alla liberazione di vapore acqueo (Figura 1). Inoltre, in condizioni di forti precipitazioni, una foresta in salute è in grado di prevenire il deflusso superficiale delle acque ed il dilavamento del suolo. Le radici degli alberi

trattengono il terreno impedendo di fatto le frane, le valanghe e l'erosione del suolo. Questa efficacia antierosiva risiede nel complesso sistema costituito dalla chioma e dai differenti strati (arboreo, arbustivo, erbaceo, fungale, muscinale e lettiera) e dal rapporto suolo-radici. Allo stesso modo, le foreste mitigano le condizioni di eccessiva calura e siccità durante la stagione estiva, prevenendo il rischio di incendi. Un bosco,

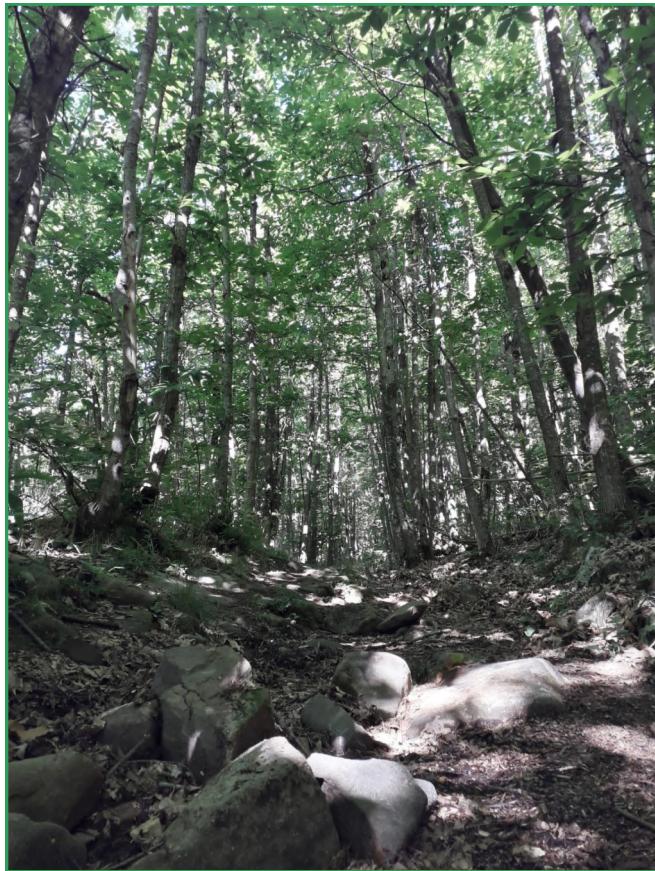


Figura 1. Bosco nei pressi dell'abitato della frazione di Santa Brigida, Comune di Pontassieve - FI (foto di C. Di Lonardo).

quindi, non è solo un insieme di alberi, ma è un insieme di complesse e spesso delicate interazioni tra organismi viventi, ambiente e materia, oltre ad essere uno degli habitat terrestri con il maggior livello di biodiversità. La tutela delle foreste è, di conseguenza, un aspetto fondamentale da considerare se si vuole intervenire sui cambiamenti ambientali in atto e, in particolar modo, sul ciclo del carbonio, sulla biodiversità, nonché sulla qualità dell'aria e dell'acqua e, più in generale, sulla preservazione del suolo. In particolare, il raggiungimento degli [obiettivi climatici a livello dell'UE per il periodo dal 2021 al 2030](#) richiede sia l'arresto della deforestazione, sia pratiche di riforestazione su larga scala, mantenendo così le connessioni ecologiche. In

questo contesto, stanno emergendo pratiche forestali e politiche ambientali che permettono di conservare, sostenere e sviluppare foreste anche come infrastrutture verdi all'interno delle città. Inoltre, in un mondo sempre più tecnologico attento alla produzione continua di moli di dati, anche per questi ambienti si sta cominciando a mettere a sistema della sensoristica e delle infrastrutture *ad hoc* per la loro gestione.

LE FORESTE INTELLIGENTI O SMART FORESTS

In diverse regioni del mondo, dalla Germania alla Thailandia, stanno emergendo le cosiddette foreste intelligenti (o *smart forests*), in cui vengono utilizzate tecnologie digitali per gestire, monitorare, migliorare ed espandere questi spazi permettendo di comprendere meglio i processi ecologici e, più in generale, ambientali in atto tramite reti di sensori che, sulla falsariga dell'*Internet of Things* o IoT, sono stati soprannominati "Internet of Trees" (Figura 2).

Le foreste intelligenti sono, dunque, uno dei tanti ambienti tecnologizzati oggi esistenti in cui e di cui si raccolgono, elaborano ed analizzano dati.

Il progetto precursore è stato senza dubbio il progetto tedesco [Baum 4.0](#), il quale ha previsto

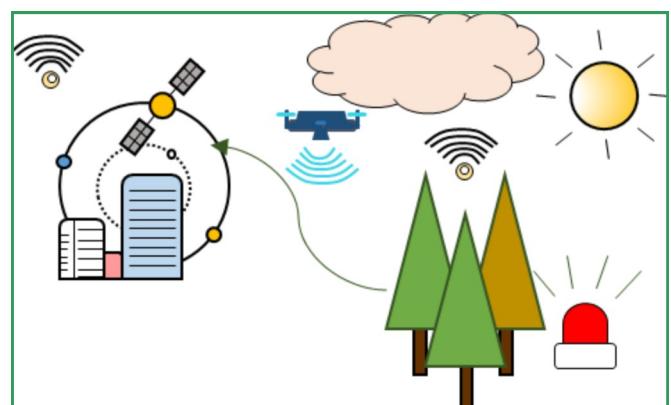


Figura 2. Internet of Trees (elaborazione immagine di C. Di Lonardo).

qualche anno fa per la prima volta in Europa l'installazione di webcam e sensori su alberi presenti in varie aree climatiche della Germania (Augusta, Berchtesgaden, Eichstätt e Monaco di Baviera) per monitorare il loro stato fisiologico e fenologico. I parametri monitorati sono ancora oggi visualizzabili online da chiunque in tempo reale e forniscono attraverso dei grafici e loro spiegazione una panoramica dell'equilibrio idrico e del comportamento di crescita nel tempo in diverse situazioni meteorologiche. La piattaforma online consente ai partecipanti del progetto ed ai cittadini di visualizzare gli effetti dei cambiamenti ambientali nelle foreste che li circondano anche interagendo con un'applicazione dedicata. Queste tecnologie, proposte poi all'interno di vari sottoprogetti che prevedono il coinvolgimento delle scuole, stanno portando ad avere una comunità di giovani interattiva ed informata tramite questo approccio di "apprendimento basato sulla ricerca". I giovani, infatti, non sono stati solo i destinatari del trasferimento della conoscenza ma sono coinvolti nella ricerca e nell'acquisizione di conoscenze nello spirito della *Citizen Science*. In altre realtà, i dati vengono oggi collezionati sia tramite sensori a terra, sia con l'uso di sensori su droni, aeroportati e/o satellitari. È il caso del progetto [FRESH LIFE-Demonstrating Remote Sensing Integration in Sustainable Forest Management](#) (LIFE14/IT000414), che si è posto l'obiettivo di dimostrare l'uso dei sistemi a pilotaggio remoto (SAPR), più noti come droni, per acquisire informazioni di supporto alla gestione forestale sostenibile. Per lo sviluppo del progetto sono state selezionate quattro aree forestali dimostrative in tre regioni italiane (Toscana, Lazio e Molise) per un totale di circa 1.000 ettari; in ogni area, poi, sono stati compiuti

dettagliati rilievi a terra per permettere di valutare la qualità delle stime realizzate da telerilevamento con droni equipaggiati sia con LIDAR per la valutazione dei cambiamenti nella struttura delle foreste, sia con una fotocamera con sensori RGB (spettro del visibile) e NIR (infrarosso vicino) per esaminare lo stato di salute delle piante. I dati raccolti hanno permesso di stimare una serie di indicatori inerenti il tipo di bosco, la sua composizione e lo stato di salute che sono essenziali per guidare le scelte di gestione forestale sostenibile ponendo le basi per l'uso routinario di questo sistema (Barzaghi et al., 2018). Oggi queste tecnologie sono sempre più efficienti e studiate (Tang e Shao, 2015; Chiavetta et al., 2018), specialmente se affiancate all'uso di immagini satellitari e telerilevate. Sempre nell'ambito di queste tecnologie forestali sono inclusi i droni per il monitoraggio del suolo (Pierzchala et al., 2014) e per la piantumazione di alberi (Fortes, 2017) che prevedono la mappatura del territorio su cui si intende piantare gli alberi e l'apposizione dei semi e delle sostanze nutrienti necessarie alla loro crescita. Dall'altra parte, questi sistemi possono servire anche a tenere traccia delle attività di disboscamento, a prevedere i cambiamenti nella struttura delle foreste, ad ottimizzare l'uso delle risorse e mappare le reti forestali urbane (Campbell, 2017; Lu et al., 2009). Queste tecnologie rientrano, quindi, nella politica di creazione di un "Sensore Web Globale" guidato da tecnologia IoT per la conoscenza in tempo reale dei processi in atto sul sistema Terra, combinando questi dati forestali con quelli morfologici del terreno (topografia), geologici e pedologici, e, infine, ecologici. Uno dei primi sistema-prototipo di questo tipo è stato, ad esempio, quello prodotto dal progetto [SLEWS - A](#)

Sensor based Landslide Early Warning System, lanciato da un gruppo tedesco qualche anno fa e consistente in un meccanismo di allertamento preventivo (Figura 3) che si avvale di un sistema formato da microsensori a basso costo integrati con una rete di sensori wireless per il monitoraggio in tempo reale delle frane. I dati raccolti venivano processati e standardizzati secondo quanto previsto dall'*Open Geospatial Consortium* e resi visibili in funzione delle esigenze dell'utente finale (Arnhardt et al., 2007). Oggi queste piattaforme sono molto più sviluppate (Mei et al., 2020) e garantiscono l'interoperabilità tra gestori di dati e fruitori di dati, che spesso non coincidono.

NUOVE INFRASTRUTTURE DIGITALI ED ECOLOGIA FORESTALE

La distribuzione ed il funzionamento di queste nuove infrastrutture digitali può influire sulle

attività di sfruttamento del suolo forestale ed ha effetti differenziati per le comunità che possono trarre vantaggio da questi sistemi di allarme e di mitigazione se impiegati su larga scala. I dati ricavati in tempo reale da queste installazioni, quindi, diventano sia oggetto che strumento di governance consentendo un'immediata localizzazione delle dinamiche forestali e degli eventi ad essi correlati. Tra questi eventi ampio spazio è stato dato allo studio degli incendi boschivi sempre più diffusi e frequenti in tutto il mondo e scatenati dai cambiamenti climatici. Una risposta agli incendi boschivi sono proprio queste nuove tecnologie nate per rilevarli e sopprimerli che sfruttano l'intelligenza artificiale, i sensori a infrarosso, i software di analisi di immagini, le reti di sensori wireless e drone-portati (Merino et al., 2012; Yuan et al., 2015; Allison et al., 2016; Ghamry et al., 2016; Borba Neumann et al., 2018). Altri sistemi già automatizzati utilizzati e diffusi

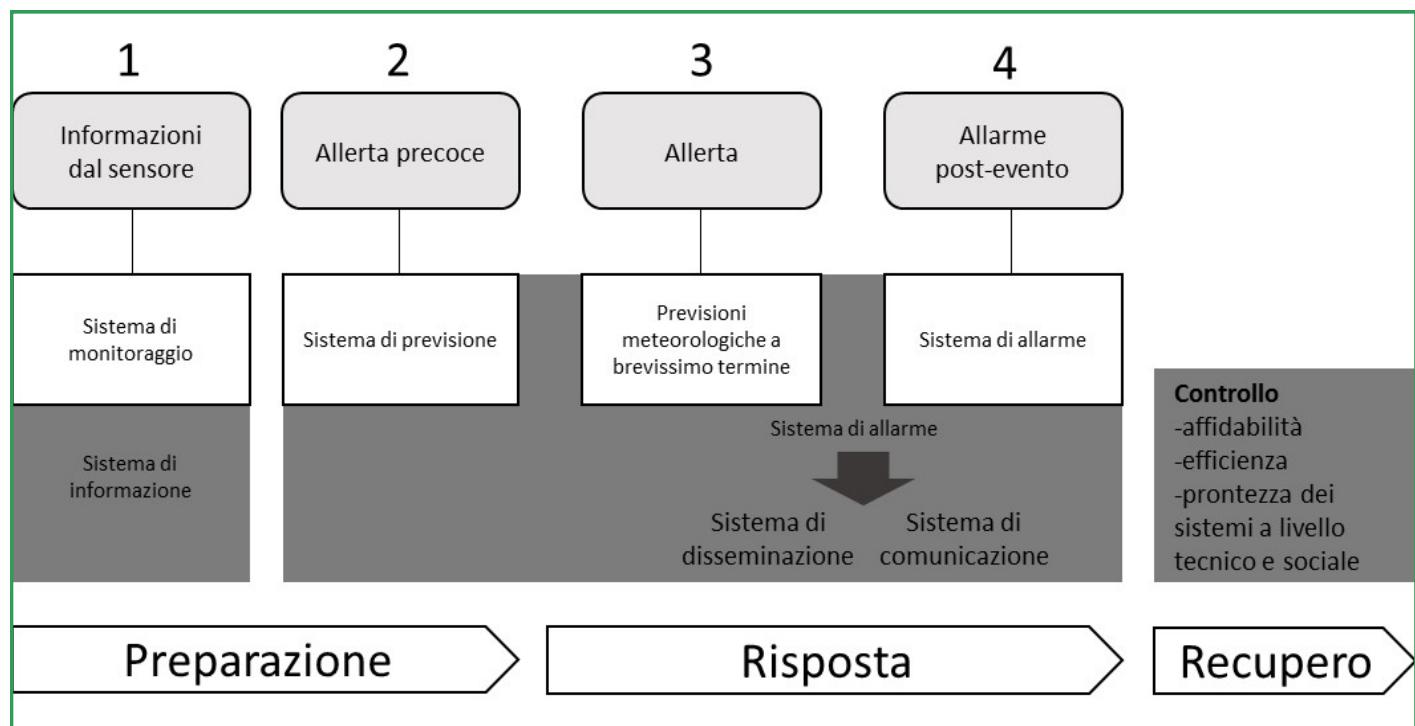


Figura 3. Sistema di informazione e di allarme nell'ambito della gestione del rischio in funzione della tipologia e del livello di rischio (1-2-3-4) accettabili per i diversi soggetti interessati (modificato da Fernandez-Steger et al., 2009).

oggi per la protezione delle foreste sono, ad esempio, la [piattaforma Global Forest Watch](#) ed il [software open source i-Tree](#), nonché l'uso di sistemi di allertamento per la deforestazione che utilizzano la mappatura dei confini tramite GPS e [Openstreetmap](#). Anche le app ed i motori di ricerca forniscono vari tipi di sostegno alle misure di rimboschimento (si pensi ad esempio al [motore di ricerca Ecosia](#), nato per supportare il rimboschimento e l'impianto di alberi per compensare le emissioni di carbonio). Questa ultima è solo una delle iniziative che fanno parte di quelle tecnologie digitali che stanno promuovendo forme di partecipazione nuove e specifiche per la salvaguardia delle foreste. Inoltre, tra queste, rientrano anche le app, le piattaforme e i dispositivi di rilevamento partecipativi orientati al monitoraggio della deforestazione tramite l'aiuto di cittadini (Hepp e Krotz, 2014). Dal 2016 vari progetti europei hanno preso in esame queste problematiche (Tabella 1). Uno dei progetti pionieri di questo tipo, progetto H2020 "Smart high-frequency environmental sensor networks for quantifying nonlinear hydrological process dynamics across spatial scales – HiFreq", ha previsto di utilizzare i big data per il monitoraggio ambientale degli ecosistemi – non solo quelli forestali - in modo da fornire nuovi elementi per comprendere il loro funzionamento anche tramite l'uso di analisi predittive al fine di prevedere l'impatto dei processi ambientali non lineari sulle risposte a breve e lungo termine degli ecosistemi ai cambiamenti ambientali. In questo progetto la strategia era chiara: migliorare la qualità dell'aria attraverso meccanismi di controllo. Un altro progetto finanziato successivamente nel 2017, "MossTree - A new smart city climate infrastructure with a capacity for reducing air

pollution equivalent to 275 normal trees" affronta invece direttamente il problema dell'eliminazione degli inquinanti presenti nell'aria. In "MossTree", vengono messe a punto unità vegetali sinergiche composte da muschi e piante vascolari, che assorbono particolato, biossido di azoto e ozono, permettendo la riduzione di 240 t CO_{2eq}/anno. Queste unità contengono sensori intelligenti che raccolgono dati ambientali e climatici, che permettono di regolare e controllare l'unità stessa e di garantire la sopravvivenza delle varie specie presenti in essa. In pratica, grazie ai sensori che monitorano permanentemente la qualità dell'aria, l'albero diventa così un'importante infrastruttura climatica per le città intelligenti. Oltre a questi sensori di tipo "fisso", come già detto l'uso dei droni è un'altra tecnologia che si sta sviluppando soprattutto per accelerare il rimboschimento e, parallelamente, sta contribuendo allo sviluppo di una "silvicoltura di precisione" che utilizza sensori ed intelligenza artificiale per rispondere a politiche ed obiettivi ambientali specifici (Lövbrand e Stripple, 2006). Le tecnologie digitali forestali intelligenti stanno contribuendo così alla rivisitazione del concetto di "foresta" e del suo funzionamento. Insomma, con il proliferare di dispositivi digitali e delle pratiche di produzione e gestione di dati spaziali nelle foreste, anche le foreste si stanno trasformando in dati (Walford, 2012), in infrastrutture ambientali (Bruun Jensen, 2015) e tecnologie per rispondere e mitigare i cambiamenti ambientali. Gli ambienti *smart* si stanno così espandendo oltre le *smart cities* per comprendere i diversi cambiamenti in atto e per cercare di contrastarli tramite società tecnologiche, scienziati ambientali e attori statali che di concerto stanno contribuendo allo sviluppo e all'espansione dei sistemi digitali stessi.

PROGETTO	ANNO DI INIZIO	PRESENTAZIONE DEL PROGETTO
HiFreq Smart high-frequency environmental sensor networks for quantifying nonlinear hydrological process dynamics across spatial scales	2016	Osservazioni ambientali ad alta frequenza/alta risoluzione e analisi predittiva sono le fondamenta di questo progetto che prevedeva un innovativo metodo di monitoraggio ambientale permettendo così la comprensione dei processi che stanno alla base del funzionamento degli ecosistemi. Il progetto offre nuove strategie per generare, gestire e analizzare i <i>big data</i> ad una risoluzione spaziale e temporale senza precedenti.
MossTree A new smart city climate infrastructure with a capacity for reducing air pollution equivalent to 275 normal trees	2017	Il progetto prevedeva la messa a punto del MossTree, un'unità indipendente di 4 x 3 metri e 60 cm di profondità contenente unità vegetali miste (muschi e piante vascolari) che assorbono particolato, biossido di azoto e ozono, permettendo la riduzione di 240 t CO ₂ eq/anno. Questa unità contiene sensori intelligenti che raccolgono dati ambientali e climatici, per regolare e controllare l'unità e garantire la sopravvivenza delle specie vegetali presenti in essa. Il MossTree ha lo stesso effetto di 275 alberi urbani, ma richiede il 99% di spazio in meno e il 90% di investimenti in meno. Grazie ai pannelli solari e ai sistemi di ritenzione dell'acqua piovana, l'unità richiede meno di 10 ore di manutenzione all'anno.
SiEUGreen Sino-European innovative green and smart cities	2018	Durante l'implementazione di SiEUGreen, l'UE e la Cina hanno condiviso tecnologie ed esperienze, contribuendo così ai futuri sviluppi dell'agricoltura e della resilienza urbana. Le informazioni e i risultati ottenuti dal progetto saranno divulgati attraverso diversi strumenti di comunicazione, tra cui i social media, un'app innovativa che migliora il co-design urbano, conferenze con le parti interessate, seminari pratici, forum dimostrativi, eventi.
GLOBESCAPE Enabling transformation: Linking design and land system science to foster place-making in peri-urban landscapes under increasing globalization	2018	Questo progetto vuole contribuire alla messa a punto di strumenti e metodi di nuova generazione per favorire lo sviluppo di paesaggi resilienti. Progettazione e modellazione probabilistica diventano così uno strumento collaborativo di sviluppo del paesaggio per consentire la trasformazione degli spazi. Questo approccio non convenzionale diventa necessario per affrontare la natura probabilistica dei paesaggi. Ancorato a quattro casi-studio peri-urbani, il progetto interdisciplinare produrrà metodi e strumenti che ridefiniranno lo <i>status quo</i> degli attuali strumenti di geodesign e promuoverà nuovi modelli di governance.
EnvironmetrY Environmental Urban Monitoring System	2018	Il progetto intende introdurre nel mercato "Environ & metrY", come sistema di monitoraggio aereo e ambientale integrato, omogeneo, scalabile e modulare, per le aree urbane e suburbane, implementato attraverso una piattaforma basata su <i>cloud</i> per l'IoT sulla base delle esigenze specifiche degli utenti.
HIVEOPOLIS Futuristic beehives for a smart metropolis	2019	L'obiettivo del progetto è aiutare le api a far fronte a fattori ambientali sfavorevoli attraverso l'uso di tecnologie all'interno ed intorno ad una futuristica colonia di api in modo tale da consentirne la sopravvivenza in ambienti disturbati e in foreste urbane. La tecnologia HIVEOPOLIS sarà integrata in modo da fornire un valore aggiunto sinergico alla colonia, al suo proprietario e alla società. Sarà sostenibile dal punto di vista ecologico e anche dal punto di vista intellettuale (software aperto, hardware aperto, dati aperti, <i>citizen science</i>). Le attività formative permetteranno di riunire produttori, apicoltori, agricoltori, programmati, ambientalisti, educatori.
CURE Copernicus for Urban Resilience in Europe	2020	Il progetto sfrutta sinergicamente i servizi Copernicus per sviluppare applicazioni trasversali per la resilienza urbana in applicazioni per l'adattamento/la mitigazione dei cambiamenti climatici in diverse città europee. Queste applicazioni trasversali integrano o sfruttano anche dati di terze parti, osservazioni <i>in situ</i> e modellizzazione. Utilizzano il DIAS (Data and Information Access Services) per sviluppare un sistema in grado di supportare applicazioni operative e servizi in tutta Europa.
SmartForests Smart Forests: Transforming Environments into Social-Political Technologies	2020	Attraverso cinque casi di studio, il progetto analizza i modi in cui le tecnologie forestali stanno trasformando le pratiche di osservazione, mitigazione, partecipazione e regolamentazione dei cambiamenti ambientali. SmartForests non si chiede solo come le tecnologie digitali stiano rimodulando le foreste, ma indaga anche su come le foreste stiano diventando strumenti socio-politici per affrontare il cambiamento ambientale. Il progetto dimostrerà come queste tecnologie influenzino le relazioni socio-ecologiche e proporrà approcci più equi alla cosiddetta "politica ambientale".

Tabella 1. Elenco dei progetti europei più significativi (2016-2020) relativi a forme di partecipazione, big data ed ecologia forestale (fonte: [Open Data EU CORDIS](#)).

CONCLUSIONI

L'IoT applicato alla salvaguardia e alla tutela del nostro patrimonio ambientale, in particolare forestale, sta quindi guidando un nuovo approccio per lo studio dei cambiamenti climatici e per le politiche ambientali dei singoli paesi garantendo un nuovo tipo di gestione forestale a livello planetario. Attualmente sono in atto numerose sfide e preoccupazioni che devono essere affrontate e superate in questo nuovo settore della scienza e della tecnologia in relazione alla pianificazione intelligente e sostenibile. L'utilizzo dei *Big Data* giocherà in un futuro molto prossimo un ruolo fondamentale per la realizzazione e la modernizzazione sostenibile delle città e delle aree verdi, dell'uso delle risorse naturali, della gestione intelligente delle infrastrutture e degli impianti, della qualità della vita e del benessere dei cittadini. Pertanto, grande attenzione andrà posta su tematiche correlate quali affidabilità, sicurezza e privacy, problematiche che si stanno già affrontando in altri campi che possono frenare lo sviluppo di tecnologie applicative.

BIBLIOGRAFIA

Allison R.S., Johnston J.M., Craig G., Jennings S., 2016. *Airborne Optical and Thermal Remote Sensing for Wildfire Detection and Monitoring*. Sensors 16(8): 1310-1339.

Arnhardt C., Asch K., Azzam R., Bill R., Fernandez -Steeger T.M., Homfeld S.D., Kallash A., Niemeyer F., Ritter H., Toloczyki M., Walter K., 2007. *Sensor based Landslide Early Warning System - SLEWS. Development of a geoservice infrastructure as basis for early warning systems for landslides by integration of real-time sensors*. In: GEOTECHNOLOGIEN

Science Report. Early Warning Systems in Earth Management. Kick-Off meeting (10 October 2007) at the Technical University of Karlsruhe. pp. 75-88.

Barzaghi A., Nocentini S., Del Perugia B., Travaglini D., Giannetti F., Zolli C., Carrara S., Nerli M., Rossi P., Barbat A., Ferrari B., Tomao A., Lasserre B., Santopuoli G., Marchetti M., Balsi M., Chirici G., 2018. *L'utilizzo del telerilevamento a supporto della gestione forestale sostenibile. Primi risultati del progetto FRESH LIFE. L'Italia forestale e montana* 73 (4-5):169-194.

Borba Neumann G., Pinheiro de Almeida V., Endler M., 2018. *Smart forests: Fire detection service*. In: 2018 IEEE symposium on computers and communications (ISCC). pp. 1276–1279.

Bruun Jensen C., 2015. *Experimenting with political materials: Environmental infrastructures and ontological transformations*. Distinktion: Journal of Social Theory 16(1):17-30.

Campbell L.K., 2017. *City of Forests, City of Farms Sustainability Planning for New York City's Nature*. Ithaca: Cornell University Press.

Chiavetta U., Torresan C., Chianucci F., Puletti N., 2018. *Rilievi forestali in 3D: nuove sfide per il monitoraggio delle foreste*. In: Abstract Book del IV Congresso Nazionale di Selvicoltura. pp. 220-221.

Fernandez-Steeger T. M., Arnhardt C., Walter K., Haß S.E., Niemeyer F., Nakaten B., Homfeld S.D., Asch K., Azzam R., Bill R., Ritter H., 2009. *SLEWS - A Prototype System for Flexible Real Time Monitoring of Landslides Using an Open Spatial Data Infrastructure and Wireless Sensor Networks*. Geotechnol. Sci. Rep. 13.

Fortes E.P., 2017. *Seed plant drone for reforestation*. The Graduate Review 2: 13-26.

- Ghamry K.A., Kamel M.A., Zhang Y., 2016. *Cooperative Forest Monitoring and Fire Detection Using a Team of Uavs-Ugvs.* In: 2016 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAV) at Arlington (USA). pp. 1206-1211.
- Hepp A., Krotz F. (eds), 2014. *Mediatized Worlds: Culture and Society in a Media Age.* London: Palgrave Macmillan.
- Lövbrand E., Stripple J., 2006. *The climate as political space: on the territorialisation of the global carbon cycle.* Review of International Studies 32(2): 217-235.
- Lu J.W.T., Shane M., Svendsen E., Campbell L., Fragola C., Krasny M., Lovasl, G., Maddox, D., McDonnell, S., McPhearson P.T., Montalto F., Newman A., Pehek E., Rae R.A., Stedman R., Tidball K.G., Westphal L., Whitlow T., 2009. MillionTreesNYC, [Green Infrastructure, and Urban Ecology: Building a Research Agenda](#). New York: City of New York Parks and Recreation.
- Mei G., Xu N., Qin J., Wang B., Qi P., 2020. A Survey of Internet of Things (IoT) for Geohazard Prevention: Applications, Technologies, and Challenges. IEEE Internet of Things Journal 7(5): 4371-4386.
- Merino L., Caballero F., Martinez-de-Dios J.R., Maza I., Ollero A., 2012. An Unmanned Aircraft System for Automatic Forest Fire Monitoring and Measurement. Journal of Intelligent and Robotic Systems 65(1): 533-548.
- Pierzchala M., Talbot B., Astrup R., 2014. Estimating soil displacement from timber extraction trails in steep terrain: application of unmanned aircraft for 3D modelling. Forests 5 (6):1212-1223.
- Tang L., Shao G., 2015. Drone remote sensing for forestry research and practices. Journal of Forestry Research 26: 791-797.
- Walford A., 2012. *Data moves: Taking Amazonian climate science seriously.* Cambridge Anthropology 30(2): 101-111.
- Yuan C., Zhang Y., Liu Z., 2015. A Survey on Technologies for Automatic Forest Fire Monitoring, Detection, and Fighting Using Unmanned Aerial Vehicles and Remote Sensing Techniques. Canadian Journal of Forest Research 45(7): 783-792.



RETICULA rivista quadrimestrale di ISPRA

reticula@isprambiente.it

DIRETTORE DELLA RIVISTA

Luciano Bonci

COMITATO EDITORIALE

Serena D'Ambrogi, Michela Gori, Matteo Guccione, Luisa Nazzini

COMITATO SCIENTIFICO

**Corrado Battisti, José Fariña Tojo (Spagna), Sergio Malcevshi, Patrizia Menegoni,
Jürgen R. Ott (Germania), Riccardo Santolini**

La foto di copertina è di U. Esposito.

La revisione dei testi in lingua straniera è a cura di D. Genta.

È possibile iscriversi a Reticula compilando il [form di registrazione](#).

Le opinioni ed i contenuti degli articoli firmati sono di piena responsabilità degli Autori.

È vietata la riproduzione, anche parziale, di testi e immagini se non espressamente citati.

Le pagine web citate sono state consultate a dicembre 2020.

ISSN 2283-9232

Gli articoli pubblicati sono stati soggetti ad un procedimento di revisione tra pari a doppio cieco.

**Questo prodotto è stato realizzato nel rispetto delle regole stabilite dal sistema di gestione
qualità conforme ai requisiti ISO 9000:2015 valutato da Certiquality S.r.l.**