



EUFORICC

Establishing Urban FORest based solutions In Changing Cities

LINEE GUIDA

Esperienze di ricerca e indicazioni operative
dedicate alla realtà degli ambienti urbani italiani e mediterranei
per la realizzazione, manutenzione e riqualificazione
di foreste urbane e infrastrutture verdi



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DELLA
TUSCIA



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI BARI
ALDO MORO



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DEL MOLISE

AUTORI

CNR – IRET (coordinamento EUFORICC)

Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri

Coordinatore: CARLO CALFAPIETRA

SILVANO FARES (CNR – IBE; CNR – ISAFOM)

ROCCO PACE (EURAC)

GREGORIO SGRIGNA (Project manager)

UNIBA – DISAAT

Università di Bari – Dipartimento di Scienze agro-ambientali e territoriali

Coordinatore: GIOVANNI SANESI

GIUSEPPINA SPANO (UNIBA – For. Psi. Com)

UNIFI – DAGRI

Università di Firenze – Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali

Coordinatore: FABIO SALBITANO (Dip. Agraria UNISS); DAVIDE TRAVAGLINI

CLAUDIA COCOZZA

LUCIA MONDANELLI

ANDREW FRANCIS SPEAK

UNIMOL – DiBT

Università del Molise – Dipartimento di Bioscienze e Territorio

Coordinatore: BRUNO LASSERRE

ELENA DI PIRRO

MARCO MARCHETTI

LORENZO SALLUSTIO

UNIROMA3 – DSF

Università di Roma Tre – Dipartimento di Scienze della Formazione

Coordinatore: ANGELO PANNO (UER)

GIUSEPPE CARRUS

ANNALISA THEODOROU (DPPSS - UNIROMA1)

UNITUS – DIBAF

Università della Tuscia – Dipartimento per la Innovazione nei sistemi Biologici Agroalimentari e Forestali

Coordinatrice: MARIAGRAZIA AGRIMI

ENRICA ALICANDRI

ELENA KUZMINSKY

EMANUELA MASINI

FEDERICO VALERIO MORESI

LUIGI PORTOGHESI

ANDREA ROSARIO PROTO (Dip. Agraria - UNIRC)

ANTONIO TOMAO (DI4A - UNIUD)

Forma consigliata di citazione: AA. VV., 2023. *Linee Guida, Indicatori, Protocolli e Modelli*. Esiti del Progetto di Ricerca PRIN EUFORICC - Establishing Urban FOREst based solutions In Changing Cities - 20173RRN2S. Ed. Compagnia delle Foreste. Doi: 10.5281/zenodo.7950680



Progettazione grafica e impaginazione a cura di

Compagnia delle Foreste S.r.l. - www.compagniadelleforeste.it



EUFORICC

Establishing Urban FORest based solutions In Changing Cities

Il presente documento sintetizza i contenuti e gli orientamenti essenziali del progetto di ricerca EUFORICC per proporre modelli, programmi, metodi e protocolli metodologici volti a sostenere la pianificazione, la gestione e la progettazione del verde urbano, mediante l'adozione di soluzioni basate sulla natura, con particolare riferimento agli alberi e alle aree boscate.

L'approccio ecosistemico ha lo scopo di favorire o migliorare l'efficienza funzionale e la sostenibilità delle infrastrutture verdi.

Lo scopo è di contribuire alla crescita di consapevolezza e capacità di attori e portatori di interesse, a una *governance* condivisa del verde pubblico, al miglioramento del benessere ambientale, fisico e sociale di chi vive in città. Per ottenere questo si pone in evidenza la necessità di ridurre impatti fisici, bioecologici, culturali e comportamentali per superare elementi critici che possono modificare in entità e durata i servizi ecosistemici prodotti dalle aree verdi.

Le Linee Guida si fondano su un'esperienza pluriennale degli enti di ricerca che le presentano, arricchito da un successivo processo di approfondimento di oltre tre anni di consultazione e dialogo con attori internazionali, nazionali e locali, mondo accademico, settore privato, iniziative, associazioni e comitati locali.

Il documento individua le principali sfide ambientali e le possibili soluzioni basate sulla natura per le città contemporanee e future con un focus sugli elementi emersi dai percorsi di ricerca del progetto.

Questo volume è collegato alle due pubblicazioni "Indicatori" e "Protocolli e Modelli", output del progetto.

Buona lettura da parte di tutto il gruppo di lavoro EUFORICC

INDICE

5	INTRODUZIONE
6	ALBERI E AREE BOScate, INFRASTRUTTURE VERDI E SERVIZI ECOSISTEMICI
6	Pensare soluzioni basate sulla natura
6	Principali caratteristiche delle NBS
8	CAMBIAMENTO CLIMATICO E INTERAZIONI CON LE FORESTE URBANE
8	Alberi e servizi ecosistemici nel contesto del cambiamento climatico
9	Alberi e comfort termico
9	Infrastrutture verdi e velutazione del bilancio del carbonio
11	GESTIONE, PIANIFICAZIONE E PROGETTAZIONE DEL VERDE URBANO
14	Conoscere per pianificare, progettare e gestire
14	Aree verdi e beni culturali: conservazione di alberi monumentali veterani in siti storici
16	Pianificazione del verde urbano e periurbano
16	Pianificazione di aree forestali periurbane: l'esempio delle pinete costiere nell'infrastruttura verde
17	Accessibilità e fruibilità nella pianificazione del verde urbano
17	Piani di preparazione e adattamento agli eventi climatici estremi: un modello concettuale dei disservizi potenziali delle aree verdi
19	INQUINAMENTO ATMOSFERICO E VEGETAZIONE
19	Tipologie di inquinanti atmosferici e meccanismi di mitigazione
20	L'ecosistema urbano e gli alberi. Quali e dove
22	RIGENERAZIONE LOCALE: POLITICHE E PIANIFICAZIONE IN AMBITO URBANO
22	Il quadro politico italiano e le principali criticità territoriali
23	Priorità di intervento e possibili risposte alle necessità territoriali: una prospettiva multiscale
25	COSCIENZA SOCIALE, SALUTE E BENESSERE
26	CONCLUSIONI
28	BIBLIOGRAFIA
32	APPENDICE

INTRODUZIONE

Le Linee Guida rappresentano una sintesi dei contenuti e dei temi principali affrontati dal progetto EUFORICC. Vengono proposti modelli, programmi, metodi e protocolli di ricerca che si riferiscono a esperienze condotte in differenti tipi di aree verdi, considerando diversi aspetti e livelli di scala (territoriale o locale).

Tutte le azioni sono volte a sostenere pianificazione, gestione e progettazione del verde in ambienti urbani e periurbani in riferimento a soluzioni basate sulla natura. L'approccio ecologico-applicato adottato è necessario per comprendere, favorire o migliorare l'efficienza funzionale e la sostenibilità delle diverse componenti delle infrastrutture verdi nelle città contemporanee e future. Gli effetti attesi da alberi e aree boscate si differenziano in relazione all'ubicazione e all'estensione delle coperture, al livello di complessità strutturale e alla percezione da parte del pubblico.

Lo scopo delle Linee Guida è di descrivere la trasformazione in atto nella tutela dell'ambiente urbano al fine di massimizzare il benessere umano riducendo i livelli di inquinamento, di consentire alle popolazioni di riappropriarsi dello spazio urbano, di favorire interazioni positive per la ricreazione, salute fisica e mentale, con un approccio ecosistemico. La scala delle esperienze di ricerca condotte varia da quella locale a quella nazionale.

Le Linee Guida rappresentano un contributo alla crescita di consapevolezza e capacità di attori e portatori di interesse, a una *governance* condivisa del verde pubblico, al miglioramento del benessere ambientale, fisico e sociale di chi vive e frequenta le città. Per ottenere questo si pone in evidenza la necessità di ridurre impatti di fattori fisici, biologici, culturali e comportamentali per superare elementi critici che possono modificare in entità e durata i servizi ecosistemici prodotti dalle aree verdi. Il presente testo è frutto dell'impegno di varie unità di ricerca con esperienza pluriennale, coordinate con una visione interdisciplinare, compresa la psicologia ambientale. Il lavoro è stato arricchito da un parallelo processo di approfondimento di oltre tre anni di consultazione e dialo-

go con attori internazionali, nazionali e locali, enti di ricerca, mondo accademico, settore privato, iniziative, associazioni e comitati locali.

Il documento presenta in chiave divulgativa delle indicazioni per la pianificazione e gestione delle foreste urbane a livello locale, a partire dagli esiti di ricerca ottenuti durante lo sviluppo del progetto EUFORICC. Una particolare attenzione è volta ai servizi ecosistemici attesi adottando buone pratiche e ai disservizi ecosistemici che si determinano in assenza di una pianificazione e di una gestione adeguate e sostenibili. Alle Linee Guida sono collegati altri due prodotti del progetto: un secondo testo per un maggiore livello di approfondimento, ovvero gli Indicatori; ed una raccolta di schede pratiche utili per la replicazione, l'applicazione e l'approfondimento degli indicatori stessi, i Protocolli ed i Modelli. Questi elementi collegati alle Linee Guida forniscono una lista di strumenti quali-quantitativi in grado di valutare la presenza e l'impatto delle soluzioni basate sulla natura. Infine, in Appendice è contenuto un glossario dei termini più rilevanti introdotti lungo il testo.

ALBERI E AREE BOSCADE, INFRASTRUTTURE VERDI E SERVIZI ECOSISTEMICI



PENSARE SOLUZIONI BASATE SULLA NATURA

Le “soluzioni basate sulla natura” (*Nature Based Solutions* - NBS) sono state definite alla fine degli anni 2000 dalla Banca mondiale (MACKINNON *et al.* 2008) e IUCN (2009) per evidenziare le potenzialità dell’adozione di soluzioni alternative a quelle che hanno caratterizzato le trasformazioni dei paesaggi negli ultimi decenni del secolo scorso. In particolare, le NBS mettono in luce l’importanza della conservazione della biodiversità per la mitigazione e l’adattamento ai cambiamenti climatici ma anche una serie di interventi fondati sulla replicazione e l’enfaticizzazione di sistemi naturali ed approcci ecosistemici per la gestione delle criticità ambientali con particolare riguardo ai contesti urbani.

Le NBS sono state proposte dall’International Union for the Conservation of Nature (IUCN) nell’ambito dei negoziati sui cambiamenti climatici a Parigi come un modo per mitigare e adattarsi ai cambiamenti climatici, garantire acqua, cibo, enfatizzare la resistenza e resilienza del paesaggio a disturbi e disastri indotti da componenti naturali e/o antropogeniche (<https://www.iucn.org/our-work/topic/nature-based-solutions-climate>). L’IUCN ha suggerito sette principi per articolare il concetto di NBS, riferibili alle discipline ecologiche ma che integrano aspetti sostanziali dei processi socio-economici. Le NBS, quindi, pur divenendo estremamente popolari in svariati ambiti di ricerca e nel discorso politico (ne sono un esempio le politiche ambientali innovative promosse dalla Commissione europea) restano fortemente orientate all’azione concreta.

Le NBS vengono estesamente definite dalla Commissione Europea (EC 2015) “soluzioni ispirate e sostenute

te dalla natura, che sono convenienti dal punto di vista finanziario, forniscono simultaneamente vantaggi ambientali, sociali ed economici e aiutano a costruire la resilienza”. In accordo con questa definizione dunque, tali soluzioni portano e si ispirano alla natura e ai processi naturali più diversificati nelle città, nei paesaggi terrestri e marini, attraverso interventi sistemici adattati a livello locale ed efficienti in termini di risorse.

La Commissione Europea si è prefissata l’obiettivo di diventare leader mondiale sulla tematica NBS, investendo anche nel programma di ricerca Horizon 2020 (EC 2015) per testare e raccogliere dati sulle NBS e i loro impatti, con un focus esplicito sulle aree urbane. In preparazione del programma, un gruppo di lavoro di scienziati e responsabili politici ha elaborato il concetto (EC 2015, Annex 1:24). In breve, MAES e JACOBS (2015:3) hanno definito NBS “qualsiasi transizione verso un uso di servizi ecosistemici con un minore apporto di capitale naturale non rinnovabile e maggiori investimenti in processi naturali rinnovabili”.

PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLE NBS

Le caratteristiche delle NBS possono essere riasunte in quattro punti:

- **NBS hanno una definizione e una portata ampie.** Sebbene il concetto sia radicato nella mitigazione e nell’adattamento ai cambiamenti climatici, è inteso come un termine generico per raggiungere contemporaneamente obiettivi apparentemente distanti (ovvero tecnici, ambientali e politici),

affrontando molteplici sfide. In accordo con questo concetto, la conservazione della biodiversità ed il miglioramento dei servizi ecosistemici sono considerati la base per affrontare le principali sfide, contemporanee e future, che vanno dal cambiamento climatico e la riduzione del rischio di danni e disastri ambientali, fino alla lotta alla povertà alla promozione di un'economia nature-positive ed equa. L'obiettivo di promuovere contemporaneamente la crescita economica e la sostenibilità socio-ambientale tramite NBS è stato particolarmente sottolineato dalla Commissione europea (MAES e JACOBS 2015, EC 2016).

- **Il concetto di NBS adotta un'ampia accezione del termine "natura".** Il rapporto del gruppo di esperti della Commissione Europea (EC 2015) elenca 310 azioni come esempi di NBS, che vanno dalla protezione e l'espansione delle aree forestali alla cattura di inquinanti gassosi, dalla realizzazione di barriere frangivento per la conservazione del suolo alla protezione e incentivazione di spazi verdi urbani o alla realizzazione di pareti e tetti verdi per vari benefici come il miglioramento del comfort termico, la promozione della biodiversità, lo stoccaggio del carbonio e la ritenzione delle acque piovane. EGGERMONT *et al.* (2015) e MAES e JACOBS (2015) hanno distinto le NBS dagli approcci ingegneristici convenzionali, cosiddetti "grigi", per la loro peculiare multifunzionalità, per la capacità

di conservare e migliorare il capitale naturale, e per essere adattabili e contribuire alla resilienza complessiva di ampie aree di territorio.

- **Sono necessari approcci integrati, basati su criteri di governance condivisa e adattativa, per la creazione e la gestione di NBS** (EGGERMONT 2015). Pertanto, l'applicazione effettiva di soluzioni basate sulla natura si distingue dalle tradizionali misure di conservazione e da interventi dall'alto verso il basso, quali, ad esempio, la realizzazione di aree protette, per sviluppare una ricerca incrementale e collaborativa di soluzioni che mirino a soddisfare le esigenze di una vasta gamma di portatori di interesse. A tal fine, vengono sostenuti approcci partecipativi alla co-progettazione, alla co-creazione e alla co-gestione di soluzioni basate sulla natura (EC 2016).
- **Le NBS sono orientate all'azione.** Il programma Horizon 2020 già faceva riferimento alle NBS come soluzioni sistemiche (EC 2016). Ciò richiede un'attenzione particolare ai quadri normativi, ai sistemi di pianificazione e alla definizione di strumenti di supporto economico concreti, efficaci e accessibili.



CAMBIAMENTO CLIMATICO E INTERAZIONI CON LE FORESTE URBANE



ALBERI E SERVIZI ECOSISTEMICI NEL CONTESTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Il cambiamento climatico di natura antropica e la conseguente crisi climatica stanno aumentando la frequenza e l'intensità di eventi estremi come le ondate di calore, periodi di prolungata siccità, tempeste di vento e inondazioni improvvise indotte da precipitazioni intense. Le città sono particolarmente esposte a questi eventi a causa della predominante presenza di superfici impermeabili che assorbono e riemettono rapidamente calore e che non permettono l'infiltrazione di acqua nel suolo, aumentando il ruscellamento (*runoff*) nelle aree maggiormente edificate. I rischi per la salute associati all'intensificazione e al ripetersi sempre di più nello stesso anno delle ondate di calore sono in crescita e rappresentano motivo di crescente preoccupazione, soprattutto per alcune categorie vulnerabili di popolazione, ad esempio gli anziani (over 65), per i quali aumenta l'incidenza di aggravamenti patologici collaterali fino a rappresentare una vera e propria causa di decesso generata, direttamente o indirettamente, dagli effetti degli shock termici (DE' DONATO *et al.* 2018). Le ondate di calore si assommano, inoltre, al fenomeno tipicamente urbano delle isole di calore.

La presenza di infrastrutture verdi nelle aree urbane ovvero di una rete di aree naturali e seminaturali in grado di fornire un ampio spettro di servizi ecosistemici (ESCOBEDO *et al.* 2019) rappresenta una strategia di mitigazione degli effetti del cambiamento climatico. Gli alberi in città, infatti, concorrono, non solo alla riduzione dei gas serra in atmosfera attraverso l'assorbimento e lo stoccaggio del carbonio, ma soprattutto contribuiscono al contrasto del riscaldamento attra-

verso la dissipazione del calore con i processi evapotraspirativi (rilascio di vapore acqueo dalle foglie e suolo) e l'ombreggiamento (intercettazione dei raggi solari e minore surriscaldamento delle superfici sottostanti). A questi benefici fisici si aggiungono quelli di carattere psicologico in quanto la presenza di aree verdi e la loro frequentazione consente ai cittadini di potere affrontare con una certa efficacia le ondate di calore. I benefici sono stati ampiamente studiati in diversi contesti urbani anche in Italia (LAFORTEZZA *et al.* 2009; MARIANI *et al.* 2016; PANNO *et al.* 2017).

Le infrastrutture verdi ed in particolare le chiome degli alberi intercettano le precipitazioni e favoriscono l'infiltrazione dell'acqua nel suolo sottostante. L'aumento della copertura arborea (dal 10 al 30%) può favorire l'adattamento e la mitigazione dei cambiamenti climatici da parte delle città e ridurre così il rischio di mortalità (dal 22 a circa il 40%), come osservato in studi di modellazione in diverse città americane (SINHA *et al.* 2022) ed europee (IUNGMAN *et al.* 2023).

I principi in precedenza esposti sono alla base di numerosi programmi strategici di forestazione urbana per il contrasto agli effetti del cambiamento climatico, il più noto dei quali è certamente quello di Melbourne (<https://www.melbourne.vic.gov.au/community/greening-the-city/urban-forest/Pages/urban-forest-strategy.aspx>).

ALBERI E COMFORT TERMICO

Le temperature particolarmente elevate che si registrano sempre più spesso in città durante il periodo estivo provocano forti disagi ai cittadini, malessere e, in casi estremi, la morte dei soggetti anziani più a rischio. Inoltre, quando le temperature sono molto elevate, aumenta la necessità di ricorrere a sistemi di aria condizionata per rinfrescarsi, con conseguente aumento dei consumi di energia ed emissioni di gas serra. Il comfort termico può essere definito come una sensazione di benessere fisico e mentale: una condizione di soddisfazione nei confronti dell'ambiente che ci circonda e coincide con lo stato in cui non sentiamo né caldo né freddo. Gli alberi e le foreste urbane contribuiscono a regolare il clima delle nostre città e questa loro capacità è ben percepita e apprezzata dalla popolazione. In uno studio condotto a Firenze sulla base di un questionario compilato da un campione di persone residenti in città, finalizzato a valutare la percezione dei cittadini sui servizi e disservizi ecosistemici degli alberi e delle foreste in ambiente urbano, è emerso che la maggioranza degli intervistati ritiene che Firenze sia insopportabilmente calda in estate e il 93% degli intervistati concorda sul fatto che la città ha bisogno di più alberi e luoghi ombreggiati, attribuendo al comfort termico la maggiore importanza tra i molteplici servizi forniti dagli alberi in città (SPEAK e SALBITANO 2021). La valutazione del comfort termico risulta quindi importante, specialmente nelle città dove il clima e gli effetti del cambiamento climatico possono influenzare gravemente la salute e il benessere dei cittadini.

A questo scopo, a Firenze è stato applicato un sistema di acquisizione dati mobile per registrare i livelli di temperatura in differenti punti della città con differenti caratteristiche, sia di copertura arborea che dell'ambiente costruito. Lo studio ha rilevato differenze significative nell'indice di comfort termico universale (UTCI) tra le diverse situazioni esaminate e, sulla base di un approccio modellistico, ha evidenziato che l'aumento della copertura arborea del 25% può ridurre l'UTCI di 1 °C (SPEAK e SALBITANO 2022).

L'utilizzo di modelli a scala spaziale come i-Tree Cool Air (<https://www.itreetools.org/tools/research-suite>) permette di quantificare la capacità di mitigazione della temperatura della copertura arborea a scala di città. Il modello è stato applicato alla città di Napoli utilizzando i dati accessibili forniti dall'European

Copernicus Land Monitoring Service (CLMS) (<https://land.copernicus.eu/>) sulla densità di copertura arborea, impermeabilizzazione e classi di uso del suolo, combinato con dati meteorologici dell'aeroporto di Napoli (PACE *et al.* 2022).

Durante la stagione calda, tra le aree boscate della città, come il Parco di Capodimonte, e le aree del centro della città, con un maggiore grado di impermeabilizzazione, è stato valutato un gradiente di 5°C. Lo scenario di aumento del 10% della copertura arborea ha generato una riduzione di 0,2°C nella temperatura massima oraria nel giorno più caldo dell'anno. Tuttavia, l'effetto di mitigazione della temperatura degli alberi varia in funzione del regime di precipitazione, perché in periodi molto secchi il processo evapotraspirativo viene fortemente limitato dalla quantità di acqua nel suolo. Nelle città mediterranee come Napoli questo effetto risulta particolarmente evidente in estate e richiede quindi un'attenta valutazione nella gestione (irrigazione di soccorso) e scelta del materiale vegetale (specie adattate alla siccità).

Inoltre, a causa del cambiamento climatico, ondate di calore e prolungata siccità possono mettere a rischio la sopravvivenza degli alberi che subiscono forti stress termici ed idrici. Le pratiche colturali devono essere quindi garantite soprattutto nei primi anni dalla messa a dimora, oltre a garantire una sufficiente quantità di suolo per lo sviluppo radicale.

INFRASTRUTTURE VERDI E VALUTAZIONE DEL BILANCIO DEL CARBONIO

Le infrastrutture verdi in ambiente urbano svolgono un ruolo significativo nella cattura e stoccaggio a lungo termine del carbonio. Infatti, è grazie al processo della fotosintesi che le specie vegetali utilizzano naturalmente la CO₂ presente in atmosfera, fissano il carbonio nei propri tessuti e producono ossigeno. La biomassa vegetale rappresenta quindi un importante serbatoio di carbonio e concorre alla riduzione della quantità di CO₂ presente in atmosfera, contribuendo così alla mitigazione del cambiamento climatico.

Tuttavia, l'implementazione di infrastrutture verdi in una città ha un "costo ambientale" anche quantificabile in termini di emissioni di gas serra (spesso valutati

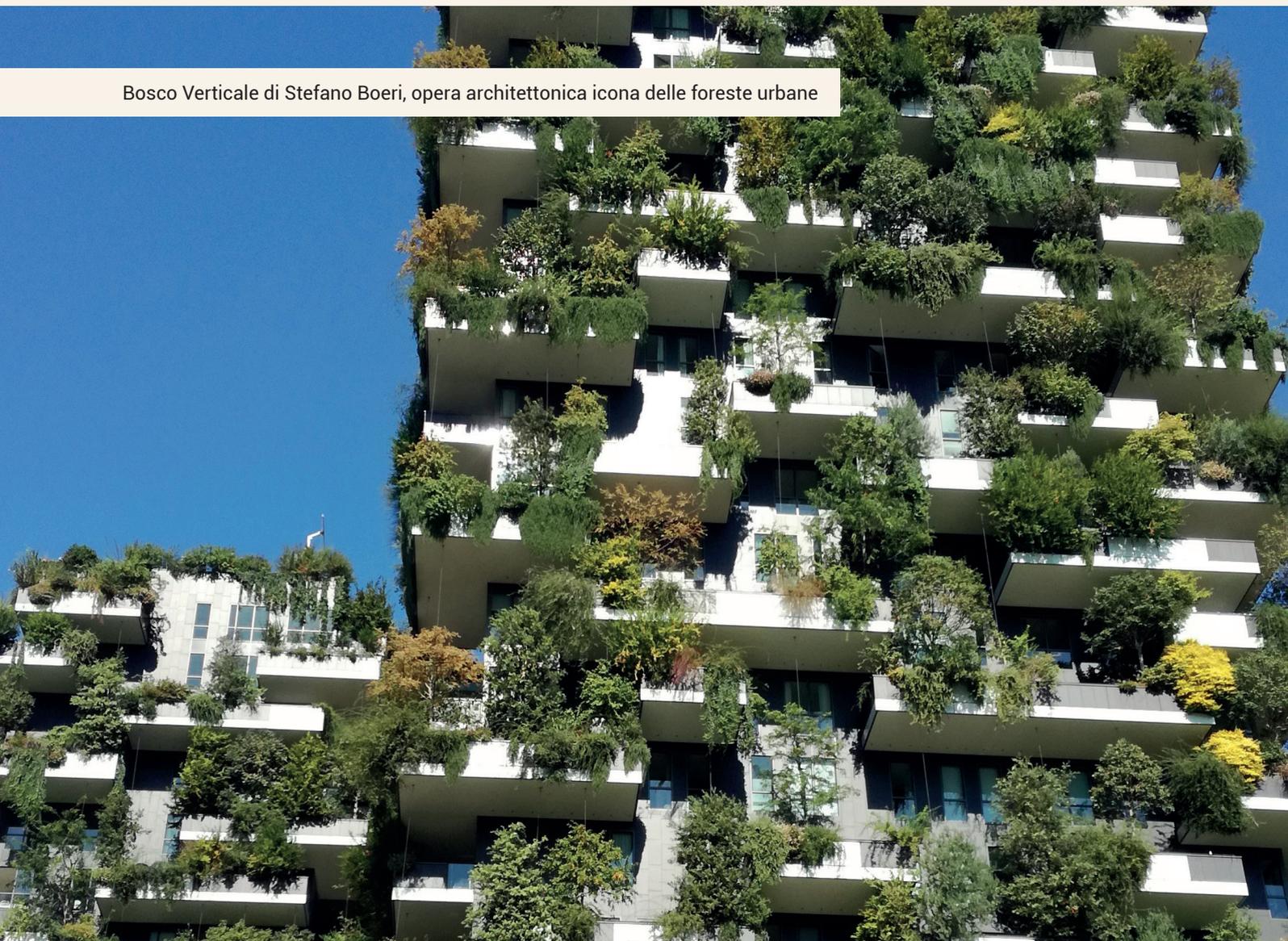
in termini di CO₂ equivalente), dovuti, ad esempio, alla piantagione della vegetazione e alla manutenzione della stessa infrastruttura verde. La *Life Cycle Assessment* (LCA) è una metodologia standardizzata utilizzata per valutare l'impatto ambientale di un prodotto, di un processo produttivo o di un sistema. La LCA può quindi rappresentare uno strumento utile per analizzare nel dettaglio le diverse fasi della vita di un parco urbano in termini di sostenibilità ambientale.

Con questo obiettivo, la metodologia LCA è stata utilizzata per valutare il bilancio del carbonio connesso alla progettazione, impianto e manutenzione di un'area verde situata nell'area metropolitana di Milano, il Parco Nord (NICESE *et al.* 2021). La valutazione del bilancio del carbonio nel Parco Nord Milano attraverso la LCA applicata alle diverse fasi di impianto e manutenzione del Parco ha mostrato come le diverse tipologie di verde presenti (foreste urbane, filari di al-

beri, prati e altre tipologie di verde urbano) possano avere impatti diversificati. Inoltre, la LCA ha mostrato come ogni singola fase riguardante la manutenzione del parco, compreso il modo in cui i rifiuti verdi vengono utilizzati o riciclati, possa influire sul bilancio complessivo del carbonio.

Le foreste urbane rappresentano la tipologia di verde con il più alto potenziale in termini di sequestro di carbonio, mentre i filari alberati, a seconda dei casi, possono rappresentare una fonte di carbonio quando la gestione delle alberature prevede potature intense e frequenti o, viceversa, possono contribuire allo stoccaggio del carbonio se si riduce l'intensità e la frequenza delle potature. In modo simile, anche i prati possono svolgere un duplice ruolo a seconda delle pratiche di manutenzione applicate.

Bosco Verticale di Stefano Boeri, opera architettonica icona delle foreste urbane



GESTIONE, PIANIFICAZIONE E PROGETTAZIONE DEL VERDE URBANO



La *governance* degli ambiti verdi in città sta diventando sempre più strategica, fino a generare un insieme di visioni, politiche e strategie in rapida crescita; ciò nonostante, le NBS non sempre sono trattate in modo compiuto nell'ambito degli strumenti di pianificazione, progettazione e gestione delle città. Una *governance* pienamente consapevole delle città (e non solo degli spazi verdi) richiede una conoscenza profonda e articolata delle strutture, delle funzionalità e delle dinamiche relazionali delle nature urbane. Per questo l'adozione di NBS nella pianificazione strategica e adattativa delle città deve fondarsi su un nuovo paradigma di politiche urbane: gli spazi aperti urbani, pubblici e privati, così come gli ambiti edificati in cui sia possibile realizzare interventi di trasformazione basati sulla natura, devono essere parte integrante dell'urbanistica complessiva e, in quanto tali, devono essere pianificati, progettati e gestiti in modo integrato. Un esempio di questo nuovo approccio, all'avanguardia in Italia e in Europa, è dato dal Piano Strategico dell'Infrastruttura Verde Torinese: un documento di pianificazione per programmare progetti e gestione delle componenti dell'infrastruttura verde della città, definire investimenti in nuove opere e interventi manutentivi, strutturare priorità gestionali. **Il piano è fondato su due approcci:**

- **Un'analisi quali-quantitativa** dell'intero sistema del verde pubblico.
- **Un'analisi quantitativa e socio-economica** dei servizi ecosistemici generati dall'infrastruttura verde della città come base per la pianificazione futura delle sue funzioni.

Gli spazi verdi pubblici urbani e periurbani sono un mosaico di ecotopi con diversi gradi di naturalità che, nel loro insieme, costituiscono un patrimonio

insostituibile per la qualità di vita delle città in cui viviamo. Si tratta di un sistema socio-ecologico complesso (ANDERSSON *et al.* 2021) da pianificare, progettare e gestire in modo integrato per poter ottimizzare i servizi ecosistemici ad esso associati così come di benefici ambientali, economici, estetici, paesaggistici e sociali (TEEB Foundations 2010). Le molteplici funzioni attese dalle aree verdi sono connesse alla presenza di vegetazione, con particolare riferimento alla componente arborea con estensione, struttura e livello di naturalità e complessità notevolmente diversificati. La frammentazione delle coperture boscate periurbane le differenzia in termini culturali e gestionali dalle aree forestali estese ubicate in contesto rurale.

I servizi di tipo ambientale riguardano la conservazione e l'aumento della biodiversità, la mitigazione climatica, l'argine al consumo di suolo, l'attenuazione dei rumori, la filtrazione e purificazione dell'aria e dell'acqua. Sotto il profilo economico, la presenza di aree verdi sufficientemente estese e ben gestite agisce in modo vantaggioso sui valori immobiliari e sulle attività commerciali. Effetti positivi dal punto di vista paesaggistico ed estetico migliorano la fruibilità urbana rafforzando l'identità storico-culturale dei centri abitati. Infine, nella categoria delle utilità sociali e culturali, si percepiscono effetti favorevoli sul benessere e sulla salute dei cittadini, vengono sostenute l'inclusione sociale, l'identità, la partecipazione, la responsabilità, l'informazione, la divulgazione, l'istruzione, la didattica, la cultura e le esperienze legate alla spiritualità.

Tuttavia, l'efficacia, in termini di intensità e durata, dei servizi ecosistemici attesi è legata a vari fattori, tra i quali: le dimensioni degli alberi e dei popolamenti forestali di origine naturale e artificiale, la loro confi-

gestione e posizione in relazione alle aree edificate, la distanza tra gli alberi, l'ampiezza delle chiome, la loro altezza e la densità del fogliame (SEMENZATO 2004). La gestione tecnica appropriata delle formazioni arboree (alberi, insiemi di alberi e superfici forestali di dimensioni ridotte e frammentate) adottata, nel tempo e nello spazio, secondo i principi della selvicoltura urbana, è indispensabile per tener conto delle esigenze specifiche, dei rapporti di competizione, dello sviluppo delle piante nel compiersi del loro prolungato ciclo vitale. Le specie arboree, in particolare, spesso vivono in contesti differenti dal loro ambiente naturale e non tutte crescono nello stesso modo. La coesistenza di alberi e lembi di popolamenti forestali nel tessuto urbano comporta la necessità di una accurata gestione per ottimizzare i costi di gestione elevati, ridurre i conflitti tra elementi vegetali e materiali costruttivi e gestire l'uso delle aree verdi andando incontro alle richieste del pubblico.

Nel nostro Paese, il primo e unico strumento normativo nazionale sul verde urbano è la Legge n. 10/2013

“Norme per lo sviluppo degli spazi verdi urbani” che affida ai comuni la gestione del verde pubblico. Si tratta di un tema complesso che richiede di essere affrontato in modo sistematico per dare i suoi frutti, come sottolineano le “Linee guida per la gestione del verde urbano e prime indicazioni per una pianificazione sostenibile” (a cura del Comitato per lo sviluppo del Verde, MATTM 2017). Pertanto, le amministrazioni comunali devono poter contare su risorse e strumenti tecnici idonei per una corretta pianificazione, progettazione, gestione e fruizione degli spazi verdi al fine di massimizzare i numerosi benefici ambientali minimizzando i rischi. Per questo scopo, gli strumenti individuati dalle Linee guida sono:

- i. il censimento del verde;
- ii. il sistema informativo territoriale;
- iii. il regolamento del verde;
- iv. il bilancio arboreo;
- v. il piano comunale del verde, come strumento di pianificazione strategica.

QUESTIONI URBANE EMERGENTI	BENEFICI EROGATI DALLA FORESTA URBANA
Sicurezza alimentare, educazione delle comunità urbane a prodotti sani e auto-prodotti	Fornire cibo, acqua e legna da ardere. La presenza di alberi, arbusti, piante erbacee può rappresentare una fonte eccellente di prodotti legnosi e non legnosi coltivabili anche in spazi verdi urbani: alimenti e derivati (ad esempio, frutta, miele, funghi, semi eduli), prodotti naturali di supporto al benessere (ad esempio, fiori, foglie, essudati per tisane, prodotti parafarmaceutici ed erboristeria), prodotti per installazioni artistiche o interventi di miglioramento strutturale (ad esempio, il sughero).
Povertà urbana	Creare posti di lavoro e aumentare il reddito.
Degradazione dei suoli e del paesaggio	Migliorare le condizioni del suolo e prevenire l'impermeabilizzazione e l'erosione. Miglioramento dei paesaggi urbani e periurbani sia nella prospettiva propria dell'ecologia del paesaggio, sia a livello percettivo complesso.
Biodiversità in riduzione	Tutelare e aumentare la biodiversità. Valorizzare i benefici che derivano da ambienti a più elevata biodiversità sia indirettamente tramite lo sviluppo di habitat complessi che favoriscano dinamiche di comunità ecologica più efficaci e performanti, sia indirettamente grazie alle migliori proprietà fisiche e fisiologiche di strutture biotiche complesse.
Inquinamento atmosferico ed acustico	Rimuovere gli inquinanti atmosferici e ridurre il rumore

Emissioni di gas climalteranti	Ridurre la concentrazione tramite il sequestro e lo stoccaggio del carbonio, limitare indirettamente le emissioni
Eventi atmosferici estremi e alluvioni	Mitigare il clima locale, incrementare la resilienza attraverso la regolazione dei deflussi e l'allungamento dei tempi di corrivazione e di restituzione al suolo di precipitazioni notevoli, riducendo in modo consistente il rischio di alluvioni.
Risparmio energetico	Risparmiare energia con l'ombreggiamento, flussi atmosferici ed evapotraspirazione; coibentazione diretta e indiretta di edifici o gruppi di edifici sia in epoca estiva che invernale.
Effetto isola di calore	Mitigare i picchi termici in prossimità degli ambiti strutturali e infrastrutturali attraverso ombreggiamento, evapotraspirazione e l'attivazione di scambi energetici più efficaci del sistema suolo-pianta-atmosfera.
Accesso e disponibilità limitata di spazi verdi	Fornire spazi aperti naturali e verde più accessibile. In tal modo le aree verdi urbane rappresentano un ambito informale aperto a tutti.
Salute pubblica	Migliorare la salute fisica e mentale dei cittadini. Contribuire all'accompagnamento terapeutico di malattie trasmissibili e non trasmissibili.
Disegno del paesaggio urbano	Migliorare la qualità del paesaggio urbano e la sua percezione
Architettura e patrimonio culturale	Effetti monumentali, simbolici, semiologici, estetici
Economia e flussi finanziari	Bioeconomia circolare e lavori verdi; aumento dei valori degli immobili e disponibilità di <i>setting</i> gradevoli e attraenti per ospitare attività
Opportunità ricreative limitate	Luoghi informali per attività ricreative e sport <i>outdoor</i>
Educare alla/nella natura	Luoghi per percorsi educativi all'aria aperta nel verde
Equità e giustizia sociale	Superamento delle disuguaglianze e rafforzamento del senso di comunità

Tabella 1 | Questioni urbane e benefici erogati dalle Foreste urbane. Fonte: FAO, 2016.

Emerge altresì l'esigenza di non considerare il verde e gli alberi come una componente settoriale e a sé stante dei sistemi socio-ecologici urbani ma è sempre più necessario promuovere strumenti ed azioni che integrino i processi di pianificazione, progettazione e gestione del verde con le altre componenti strutturali, infrastrutturali, materiali e immateriali delle città (KAUARK-FONTES *et al.* 2023).

I risultati delle ricerche sviluppate con il progetto PRIN EUFORICC forniscono diversi spunti di riflessione per innovare e aggiornare tali strumenti a dieci anni dalla emanazione della Legge 10/2013 che ha impresso uno sviluppo importante alle politiche sugli spazi verdi.

CONOSCERE PER PIANIFICARE, PROGETTARE E GESTIRE

Il censimento del verde è lo strumento conoscitivo principale del patrimonio arboreo comunale. Di ciascun individuo sono raccolte e valutate numerose caratteristiche (specie, classe di grandezza, dimensioni, struttura della pianta, posizione, conflitti, livello dei danni, ecc.). Il censimento è predisposto dai Comuni a cui è affidata la responsabilità della gestione del rischio (art.3/d -L. 10/2013) a garanzia della sicurezza delle alberate stradali e dei singoli alberi posti a dimora in giardini e aree pubbliche, per migliorare la tutela dei cittadini. Il contenuto informativo del censimento si presta ad essere elaborato e analizzato in modo più ampio ed approfondito per comprendere e valutare sia l'entità dei molteplici vantaggi forniti, in relazione ai servizi ecosistemici svolti, sia alcuni disservizi che vanno a incidere sul valore del patrimonio e sui costi di gestione (es. danni a pavimentazioni e sottoservizi, dispersione di pollini allergizzanti, percezione di insicurezza in luoghi isolati, danni a persone e a cose causati dalla caduta di un albero) (LYYTIMÄKI 2017). Generalmente i disservizi dipendono dall'ubicazione delle aree verdi o dei singoli alberi, dalla fase di crescita e dalle dimensioni, dall'intensità di manutenzione. La loro percezione può essere rilevata dal pubblico in modo differente a seconda di conoscenze, attitudini e aspettative di chi effettua la valutazione. In alcuni casi, le preoccupazioni relative ai disservizi possono essere amplificate ed esagerate dai dibattiti sui media. Questo, a sua volta, può aumentare il rischio di azioni di gestione fuori luogo. Per questo è necessaria una valutazione equilibrata e completa dei servizi e dei disservizi forniti. I possibili inconvenienti possono essere eliminati o ridotti mediante una gestione di qualità del patrimonio che consideri le attitudini di crescita e le esigenze ecologiche degli alberi con il sostegno di investimenti adeguati (LYYTIMÄKI 2017).

Uno studio pilota, condotto in collaborazione con il Comune di Viterbo, ha permesso di individuare più serie di indicatori di disservizi, distinti secondo le diverse parti di ciascun albero osservato (chioma, fusto, colletto e radici) in riferimento a **quattro tipi di danno**:

- **danno alla pavimentazione** (marciapiede e/o sede stradale);
- **danno funzionale** (arrecato alle normali funzionalità ecofisiologiche della pianta, es. scavi pos-

sono danneggiare le radici influenzando sullo stato di salute delle pianta);

- **danno estetico** (alterazione dell'architettura della chioma, della forma del fusto e al colletto);
- **propensione al cedimento e rischio di danno a persone e manufatti** individuabili come bersaglio, in relazione alle specie (MASINI *et al. under review*) (cfr. Tab. n. 1 Protocollo UNITUS #8).

Il metodo sviluppato consente di quantificare e qualificare la composizione del patrimonio arboreo comunale valutando servizi e disservizi erogati per categorie omogenee (specie, tipologia di area verde, ecc.). I costi di analisi di servizi e disservizi si riducono utilizzando il censimento del verde urbano già esistente e i dati maggiormente onerosi, in termini di costi di rilievo, si riducono interessando un campione di alberi. Il metodo è vantaggioso soprattutto nelle città più grandi dotate di un ampio patrimonio arboreo.

I disservizi sono positivamente correlati con il diametro delle piante e negativamente correlati con l'ampiezza della chioma e con l'altezza, evidenziando gli effetti delle potature drastiche ripetute nel tempo. La maggiore propensione al cedimento della pianta è anche correlata ad uno scarso valore estetico associato al tipo di danno. Le latifoglie risultano mediamente più soggette a tagli di potatura drastici e di conseguenza hanno valori di disservizi maggiori.

Il protocollo proposto fornisce strumenti utili alle amministrazioni per ridurre gli impatti e i costi con scelte opportune di gestione e permette di elaborare piani di sostituzione a breve-medio termine delle specie che più frequentemente evidenziano problematiche.

AREE VERDI E BENI CULTURALI: CONSERVAZIONE DI ALBERI MONUMENTALI VETERANI IN SITI STORICI

Nelle ville storiche, alberi plurisecolari condividono lo spazio con edifici, architetture, manufatti e sottoservizi. La normativa in vigore (D. Lgs. n. 63/2008 a modifica del D.Lgs. n. 42/2004 e L. n. 10/2013) li riconosce come alberi monumentali per il loro valore eco-biologico tutelando- li al pari del patrimonio culturale nazionale. Il platano

orientale (*Platanus orientalis* L.) è una specie ricorrente e ricca di significati simbolici legati ai giardini formali di numerose ville storiche del Lazio di epoca compresa tra il XVI e il XVII secolo. Numerosi esemplari maestosi caratterizzano il paesaggio attuale di questi complessi monumentali e si tratta di un patrimonio unico nel suo genere dal punto di vista ecologico, storico, culturale e sociale. L'età elevata, le potature e capitozzature ripetute e la presenza di cavità nel fusto rappresentano i limiti principali alla loro futura conservazione. Il contenimento dello sviluppo spontaneo della chioma era praticato per evitare un accrescimento eccessivo dell'albero, per non coprire la vista delle architetture oppure per eliminare branche diventate pericolose. Per censire e fornire linee guida per la gestione e conservazione degli ultimi esemplari plurisecolari veterani di platano orientale è stato utilizzato il protocollo COVE, un procedimento su base multidisciplinare/interdisciplinare, (*CO*n*SE*rva*TI*o*NE* di *VE*teran trees) messo a punto da CIAFFI *et al.* (2018) (**Figura 1**).

La metodologia è stata adottata per censire e analizzare i platani (*Platanus* spp.) attualmente presenti nei giardini di Villa Lante di Bagnaia, a Viterbo, Villa Farnese di Caprarola (VT), Villa Borghese a Roma, Villa d'Este a Tivoli, Villa Aldobrandini a Frascati e lungo il viale di San Nilo a Grottaferrata (CIAFFI *et al.* 2022). Si tratta di alberi monumentali per ambito e dimensioni raggiunte ma sono individuati anche come alberi veterani perché, nel corso della loro lunga esistenza, sono stati assoggettati a potature severe che ne hanno alterato profondamente lo sviluppo della chioma accelerando il processo di invecchiamento. (FERRINI 2004a; FERRINI 2004b; FAY e BUTLER 2017). Oggi le chiome dei platani orientali superstiti risentono in diversi casi di questi interventi, praticati anche in tempi più recenti, e mostrano zone di carie del fusto più o meno ampie.

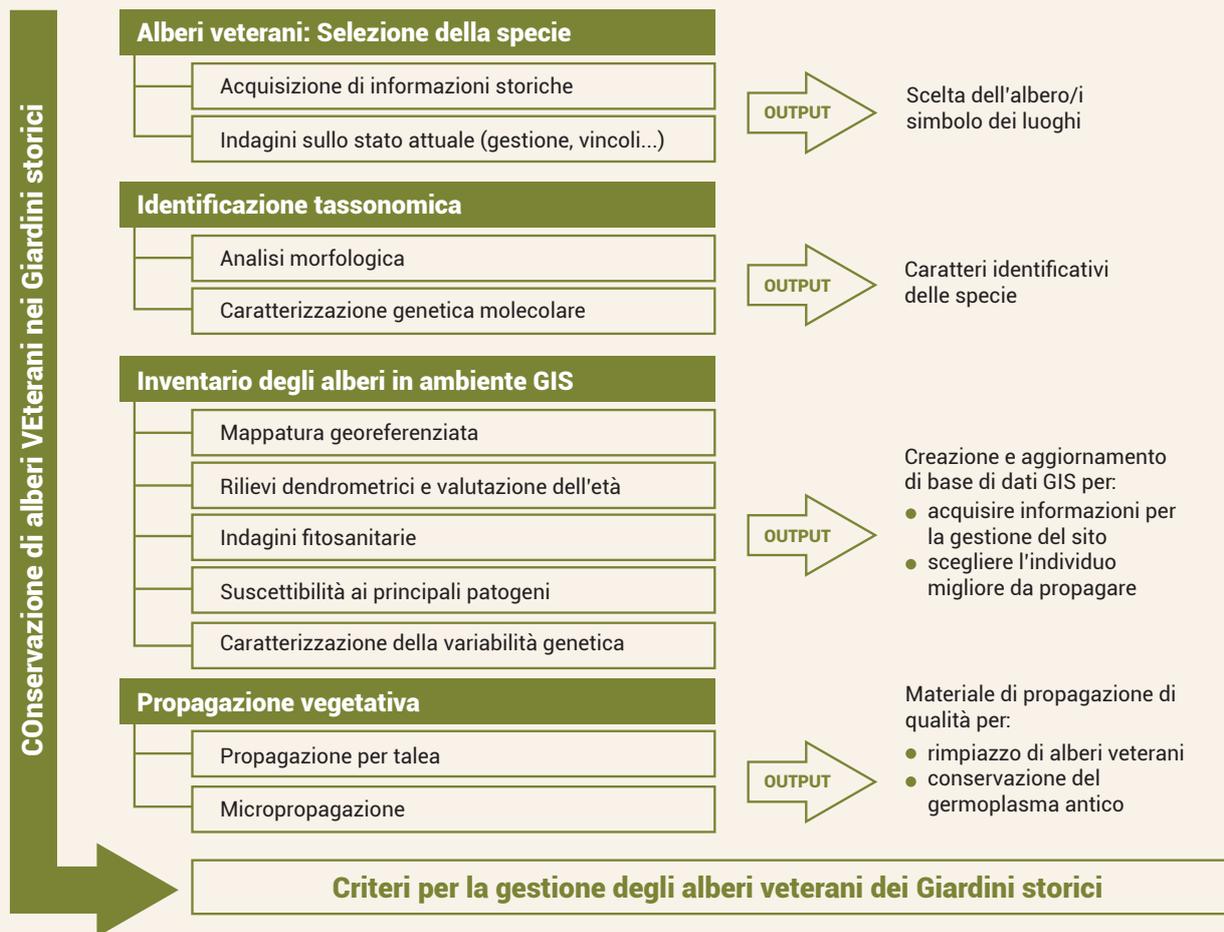


Figura 1 | Protocollo COVE (CO*n*SE*r*va*T*i*o*NE di *VE*teran trees), 2018 (Fonte: CIAFFI *et al.* 2018).

Il **protocollo COVE** combina ragionamenti teorici e soluzioni pratiche per mantenere più a lungo possibile gli alberi plurisecolari dei complessi monumentali (CIAFFI *et al.* 2022) e **consente di evidenziare alcuni aspetti salienti**:

- i. **possibilità di identificare in modo inequivocabile la specie arborea degli individui censiti** a supporto di ipotesi sulle relazioni genetiche e sulle origini del materiale di impianto in caso di mancanza di fonti;
- ii. **comprensione degli effetti delle passate potature sullo stato di salute attuale delle piante** appartenenti all'impianto originale associata alla verifica della presenza/assenza di fitopatie in atto;
- iii. **utilità della propagazione vegetativa e la formazione di collezioni *ex situ*** per predisporre strategie per la sostituzione degli individui che stanno esaurendo il loro ciclo vitale;
- iv. **contributo della diversità genetica degli alberi monumentali** come patrimonio di biodiversità.

Gli alberi dei giardini e dei siti storici costituiscono un patrimonio naturalistico, culturale e ambientale di interesse rilevante e le informazioni su diversi aspetti della vegetazione possono concorrere ad arricchire le conoscenze da trasferire al pubblico per una più completa comprensione e godimento dei complessi monumentali storico-artistici.



PIANIFICAZIONE DEL VERDE URBANO E PERIURBANO

Gli strumenti di pianificazione delle infrastrutture verdi possono variare in relazione alle differenti NBS presenti, alla loro distribuzione e alle loro caratteristiche in relazione al contesto territoriale e paesaggistico (PORTOGHESI *et al.* 2022). Le aree boscate periurbane, caratterizzate da superfici ridotte e frammentate, in questo contesto, assumono importanza per l'uso pubblico a scopo ricreativo e per il loro valore estetico, ad esempio gli Alberi Fuori Foresta (DI CRISTOFARO *et al.* 2020). Anch'esse si costituiscono come NBS per la composizione di infrastrutture verdi nei contesti urbanizzati supportando diversi servizi ecosistemici. Tuttavia, i disservizi o rischi per la popolazione possono verificarsi anche in queste formazioni forestali in cui l'uso ricreativo non controllato e non gestito può portare a generare un'elevata pressione antropica producendo gravi danni sulla vegetazione. L'abbandono colturale di questi popolamenti spesso favorisce il verificarsi di eventi negativi: incendi ripetuti, vandalismo o altre attività illecite, uso come discariche abusive di zone al limitare del bosco. Per questo l'inclusione di queste aree boscate periurbane e residuali in un'infrastruttura verde può rappresentare una soluzione progettuale per individuare e praticare soluzioni gestionali partecipate, attivando percorsi di concertazione con tutti i portatori di interesse.

Pianificazione di aree forestali periurbane: l'esempio delle pinete costiere nell'infrastruttura verde

Le pinete costiere rappresentano un caso emblematico nella gestione delle aree forestali periurbane, le quali non devono essere considerate solo per le loro caratteristiche ecologiche ma anche per le funzioni che svolgono in relazione al contesto paesaggistico in cui sono inserite. Generalmente, si tratta di popolamenti coetanei di pino domestico derivanti da impianti realizzati, in gran parte fino agli anni '80 del secolo scorso, su cordoni dunali per proteggere le colture agricole retrostanti dai venti marini e dal sorrenamento. Oltre al ruolo protettivo, attualmente svolgono anche funzioni paesaggistiche, ricreative e ambientali a supporto dell'economia turistica del litorale. L'abbandono colturale mette a rischio la funzionalità e la stabilità e, conseguentemente, la fruibilità da parte del pubblico. Le caratteristiche dei litorali interessati dalle fasce

di pineta variano con il grado di antropizzazione includendo aree urbane, aree agricole e aree di maggior valore naturalistico comprese in Siti della Rete Natura 2000. I servizi ecosistemici prevalentemente erogati sono diversificati nei diversi tratti di pineta. Pertanto, l'azione selvicolturale deve essere modulata in base alla potenziale erogazione di servizi, alle strutture dei popolamenti, alle forme di proprietà, vincoli territoriali, localizzazione, estensione dell'area boscata. Questo tipo di analisi è stato proposto in particolare per le pinete litoranee del viterbese realizzando un sistema informativo territoriale dedicato (PORTOGHESI *et al.* 2022).

Accessibilità e fruibilità nella pianificazione del verde urbano

Nella pianificazione delle aree urbane, accessibilità e fruibilità delle aree verdi sono indicatori che possono essere valutati quantitativamente sia a scala comunale sia su sub-unità edificate o da edificare. Infatti, la frequenza delle visite alle aree verdi urbane diminuisce con l'aumentare della distanza dagli insediamenti abitativi. La prossimità e/o la vicinanza sono quindi importanti fattori da considerare per una pianificazione volta a favorire l'accessibilità delle aree verdi. Per questo, sono considerate accessibili quelle aree verdi raggiungibili a piedi entro 15 minuti dalla propria abitazione o luogo di formazione/lavoro (AA.VV. 2010). Inoltre, la presenza di strutture in grado di supportare il raggiungimento, le attività e la permanenza nelle aree verdi da parte della popolazione può essere utilizzata come *proxy* della loro fruibilità. Le strutture a cui si fa generalmente riferimento sono ad esempio: marciapiedi, panchine, lampioni, servizi igienici, giochi per bambini, aree attrezzate per sport o picnic, piste ciclabili. La presenza/assenza di questa tipologia di strutture può essere verificata mediante interpretazione visiva utilizzando le ortofoto digitali e il *plug-in* GEarthView di QGIS all'interno di ogni area verde. I dati di uso del suolo possono essere reperiti nelle banche dati esistenti (European Urban Atlas, Open Street Map), per identificare e mappare le aree residenziali e la viabilità. Lo strumento utilizzabile per stimare l'accessibilità è quello della *network analysis* con cui valutare la distanza tra gli insediamenti abitativi e il/i punti di accesso delle aree verdi più vicine (QUATRINI *et al.* 2019). Il metodo è stato utilizzato per stimare l'accessibilità delle aree verdi nella città di Roma, con particolare riferimento ai nuovi insediamenti. L'analisi ha evidenziato che il 57% degli insediamenti residenziali ha aree verdi accessibili, mentre la percentuale registrata scende se si considerano gli insediamenti di più

recente costruzione (2006 - 2012), in particolar modo nelle aree più periferiche. La fruibilità delle aree verdi, invece, supera l'80% nell'intera area studiata. La metodologia può essere replicata in contesti simili, come strumento utile per urbanisti e decisori sottolineando la necessità di una pianificazione urbana sostenibile nel quadro delle NBS.

Piani di preparazione e adattamento agli eventi climatici estremi: un modello concettuale dei disservizi potenziali delle aree verdi

A seguito del cambiamento climatico, negli ultimi decenni anche nel nostro Paese sono aumentati di frequenza e intensità eventi meteorologici che comportano venti forti con raffiche che possono superare gli 80-90 km/h (ANTONESCU *et al.* 2017; GROENEMEIJER *et al.* 2017; PIPINATO 2018; MIGLIETTA e MATSANGURAS 2018; SPINONI *et al.* 2020). Venti che raggiungono velocità superiori ai 90 km/h e colpiscono gli alberi lungo le strade e vicino agli edifici nelle aree urbane e periurbane possono causare, durante l'evento o successivamente nel breve/medio periodo, molteplici disservizi che vanno al di là dei danni immediati a persone, edifici, strade con possibili gravi conseguenze sociali e costi diretti e indiretti sul sistema socio-economico. Ad esempio, nel caso di una tempesta di vento si può verificare una notevole riduzione del patrimonio arboreo urbano, in termini di individui di maggiori dimensioni, azzerando per un periodo prolungato i benefici ecosistemici forniti. Il modello concettuale qui proposto (**Figura 2**) può aiutare a delineare un quadro completo dei disservizi ecosistemici, compresi quelli non immediatamente evidenti (PORTOGHESI *et al.* 2023).

Nell'ambito della pianificazione delle aree verdi e nel più ampio contesto della pianificazione territoriale, l'impatto di eventi climatici estremi va tenuto presente nella elaborazione di Piani di Preparazione e Adattamento dedicati alle aree urbane e periurbane. Lo scopo è di prevenire o mitigare i disservizi legati alla presenza di alberi in relazione al loro stato e alla loro ubicazione in prossimità di strade e edifici pubblici (POKORNY 1992). L'entità dei disservizi evidenziati dal modello concettuale può essere limitata attraverso azioni di prevenzione e/o gestione del rischio di caduta degli alberi urbani.

Il rischio di caduta di alberi interessa anche le strade periurbane che attraversano tratti di bosco caratterizzate da elevata circolazione veicolare durante le ore

diurne. In tali contesti, in aggiunta alle caratteristiche precedentemente elencate, **la probabilità di caduta alberi dalle fasce boscate lungo la strada va messo in relazione con:**

- i. **morfologia del terreno e caratteristiche del suolo** che possono favorire l’imbibizione del suolo riducendo la capacità di ancoraggio dell’apparato radicale (tessitura, struttura, profondità);
- ii. **sviluppo degli apparati radicali in estensione e profondità;**
- iii. **dimensioni degli alberi, densità e struttura del popolamento;**
- iv. **stato di salute delle piante.**

In questo caso, la prevenzione del rischio si basa sull’esecuzione periodica di interventi selvicolturali per eliminare sistematicamente le piante in cattive condizioni vegetative e, più in generale, quelle di dimensioni elevate, in grado di causare i danni maggiori in caso di caduta. Con il trattamento si mirerà a conferire/mantenere una struttura del popolamento il più possibile eterogenea in modo che il rapporto tra altezza e diametro degli alberi si mantenga sempre inferiore alla soglia 70-80.

Qualora, per motivi di valore naturalistico o paesaggistico delle fasce di bosco ai lati della strada, si voglia ridurre al minimo gli abbattimenti, il rischio andrà gestito attraverso:

- i. **il monitoraggio frequente degli individui più vulnerabili** valutandone attentamente tutti i fattori (stato di salute, dimensioni del fusto e della chioma, portamento) che possono compromettere la stabilità dell’albero.
- ii. **la realizzazione nelle immediate vicinanze dei tratti di strada a rischio, di stazioni di rilievo dei parametri meteorologici che includano un pluviometro e un anemometro**, collegate a un servizio di controllo in grado di rilevare una situazione di allarme e operare di conseguenza. In questo modo sarà possibile chiudere tempestivamente i tratti di strada a rischio nel caso che piovosità e velocità del vento dovessero superare determinate soglie.

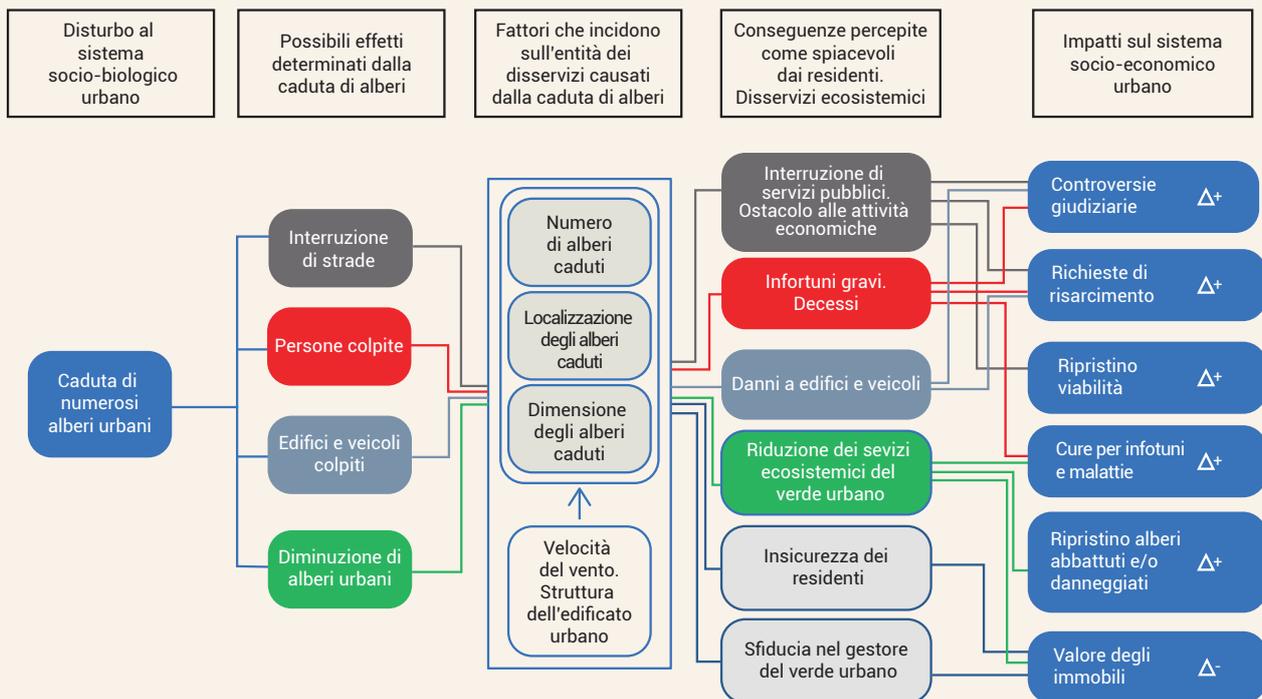


Figura 2 | Modello concettuale da considerare nei piani di Preparazione e Adattamento agli eventi climatici estremi (Fonte: PORTOGHESI et al. 2023).

INQUINAMENTO ATMOSFERICO E VEGETAZIONE



L'inquinamento atmosferico in ambiente urbano è largamente riconosciuto come un problema urgente per molte città italiane. Su scala europea, infatti, l'Italia risulta tra i paesi che presentano maggiori criticità sotto questo aspetto. Ciò è dovuto principalmente alla concomitanza di numerose sorgenti di inquinanti e alla peculiare situazione geografica di vaste aree del nostro territorio. Nonostante un generale decremento delle emissioni primarie in atmosfera, sulla base dei dati ARPA regionali, in molti agglomerati urbani si registrano ancora livelli oltre le soglie stabilite dalla comunità europea. Inoltre, considerati l'effetto dell'isola di calore (*urban heat island effect*) e il cambiamento climatico, le aree urbane sono soggette anche alla formazione di aerosol e inquinanti gassosi secondari.

TIPOLOGIE DI INQUINANTI ATMOSFERICI E MECCANISMI DI MITIGAZIONE

Nella gestione di aree urbane, le tematiche legate alla qualità dell'aria sono associate anche alle azioni messe in atto per la mitigazione del cambiamento climatico. Molte delle attività intraprese per il miglioramento della qualità dell'aria hanno infatti significative ricadute sulla riduzione dei gas serra, sia per quelle intraprese "a monte", ovvero riferite al controllo alle sorgenti delle emissioni che "a valle", ovvero tramite l'implementazione di diversi strumenti per la mitigazione degli inquinanti atmosferici. È in questo secondo gruppo che si collocano le NBS, a cui - se gestite adeguatamente - sono ascrivibili la maggioranza delle porzioni di verde urbano presenti in ogni città. La crescente attenzione da parte della società civile nei confronti del cambiamento climatico è certamente

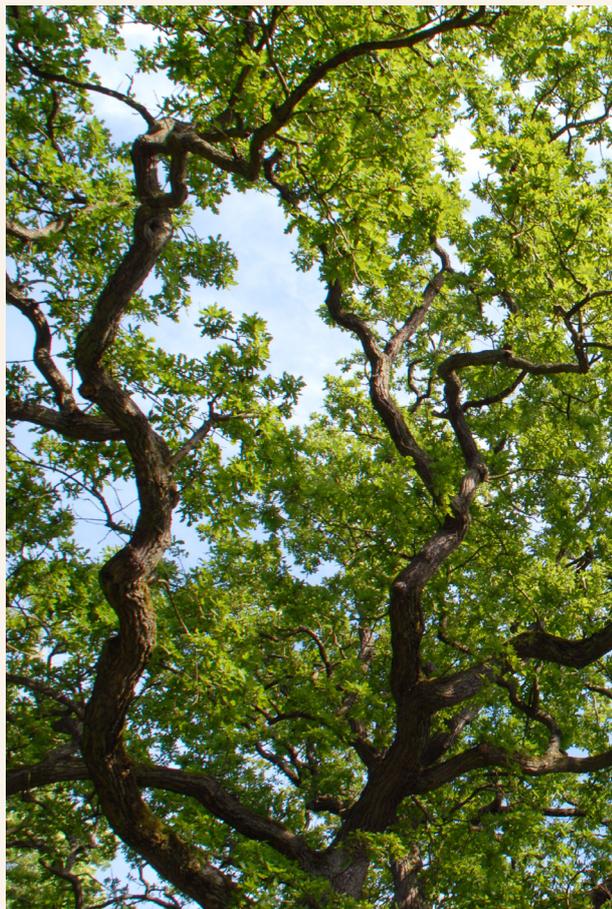
un dato positivo; tuttavia, per ottenere risultati proficui a lungo termine sia per la salute umana che per il cambiamento climatico è fondamentale un'azione di concerto che vada a portare una significativa riduzione sia degli inquinanti atmosferici che dei gas serra.

È importante ricordare come la stretta connessione tra inquinanti atmosferici e fattori climatici può creare pericolosi meccanismi a catena. Gli inquinanti atmosferici possono essere grossolanamente divisi in primari e secondari a seconda della loro genesi: direttamente immessi in aria o frutto di trasformazioni chimico-fisiche successive alla loro emissione. Entrambe le tipologie alterano la chimica atmosferica e hanno influenze dirette o indirette sulla concentrazione di diversi inquinanti climatici. Allo stesso modo, l'aumento della temperatura dell'aria dovuta al cambiamento climatico influenza la concentrazione degli inquinanti atmosferici. Ne è un esempio lo smog fotochimico: la contemporanea presenza di irraggiamento solare e di NO_x (inquinante primario), può innescare la formazione di ozono troposferico (inquinante secondario), estremamente dannoso per la salute umana e un importante gas serra. I livelli maggiori di inquinamento vengono registrati soprattutto per il particolato (ovvero polveri sottili al di sotto di 10 e 2.5 micron PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$), l'ozono (O_3) e gli ossidi di azoto (NO_x). Ciò porta inevitabilmente a effetti dannosi per la salute umana e in generale al benessere della popolazione.

La vegetazione è in grado di assorbire gli inquinanti atmosferici sia primari che secondari principalmente con due meccanismi:

- la deposizione secca sulle superfici vegetali;
- l'assorbimento stomatico e il successivo processo di "scavenging".

La deposizione secca riguarda il particolato (PM_{10} e $PM_{2.5}$): le particelle in sospensione aderiscono alle complesse superfici delle piante attraverso l'azione di trasporto del vento e, a seconda delle strutture fogliari coinvolte, le particelle possono essere trattenute per tempo variabile o inglobate. L'assorbimento stomatico riguarda invece principalmente gli inquinanti gassosi che vengono trasportati all'interno delle strutture fogliari (mesofillo) insieme al flusso d'aria in ingresso negli stomi durante le normali fasi di apertura. Con questo secondo meccanismo possono essere rimosse significative quantità di O_3 e di NO_x e anche parte del particolato fine (PM_1) e tutto l'ultrafino ($PM_{0.1}$, particelle al di sotto di 100 nanometri), che agisce in atmosfera come un gas. Importante sottolineare come in questo processo alcune sostanze gassose, ad esempio l'ozono, possono essere degradate tramite lo *scavenging*: l'ozono entra nel mesofillo e tramite una serie di reazioni biochimiche che coinvolgono i composti antiossidanti presenti nelle foglie delle piante viene degradato e dunque scomposto ed eliminato.



L'ECOSISTEMA URBANO E GLI ALBERI. QUALI E DOVE

Nel quadro dunque dell'ecosistema città, il ruolo delle foreste urbane - ricordiamo, tra le più efficaci NBS nella capacità di fornire un'ampia gamma di servizi ecosistemici - è cruciale nella mitigazione degli inquinanti atmosferici. Come infatti evidenziato in una recente ricerca (PATAKI *et al.* 2021) l'effetto delle foreste urbane e del verde urbano ha una valenza molto più ampia per problematiche locali piuttosto che globali. Inoltre, lo stesso studio conclude come siano fondamentali le azioni di pianificazione e gestione al fine di massimizzare il beneficio della mitigazione dell'inquinamento atmosferico. Relativamente alle pratiche di pianificazione e gestione, i crescenti studi promossi dalla comunità scientifica nell'ultimo decennio inclusi quelli dei gruppi di ricerca afferenti al progetto EUFORICC, aiutano a definire e migliorare le buone pratiche da promuovere in entrambi gli ambiti. In linea generale **alcune azioni chiave per la pianificazione e la gestione delle foreste urbane** possono essere riassunte nei seguenti punti:

- **Scelta delle specie arboree:** la selezione delle specie di alberi deve essere compiuta in modo mirato per le singole azioni di riforestazione, scegliendo quelle specie in grado di portare i benefici più urgenti per la peculiare area di piantumazione. Per quanto riguarda la scelta delle specie, importanti ricerche internazionali (SGRIGNA *et al.* 2022, 2020; WEERAKKODI *et al.* 2018) hanno evidenziato la capacità di cattura e mantenimento delle polveri da parte di diverse specie in base alle peculiari morfologie fogliari (specifiche strutture e/o caratteristiche a due diverse scale dimensionali: a) microscopiche -tricomi, rugosità, densità stomatica; e b) macroscopiche -forma, margini e tempo di sviluppo della gemma a totale apertura). Per la scelta delle specie in base al tipo di inquinante su cui si vuole agire, uno degli strumenti promossi dal gruppo EUFORICC è il software Specifind (<https://www.euforicc.it/strumenti-utili>). Tramite questo strumento è possibile ottenere un *ranking* delle specie più efficienti nell'assorbire determinati inquinanti atmosferici a seconda dell'area geografica prescelta.
- **Sistemazione e *habitus* della vegetazione:** la disposizione degli alberi è importante per massimizzare la capacità delle foreste urbane di assorbire inquinanti. È in generale buona norma garantire

una maggiore area fogliare per avere una superficie più ampia per assorbire gli inquinanti. Una recente ricerca promossa all'interno del progetto stesso (DI PIRRO *et al.* 2022b) ha infatti evidenziato come a seconda della zona in cui si deve agire può essere più efficace una NBS rispetto ad un'altra. Inoltre, come evidenziato da POCHEE *et al.* (2017) la progettazione di specifiche barriere verdi in prossimità delle maggiori sorgenti di inquinamento (come ad esempio l'uso di conifere per abbattere il particolato sottile), hanno un'efficacia significativamente maggiore rispetto al piantare semplicemente un albero in ambiente urbano.

- **Pratiche di gestione sostenibile:** alberi e vegetazione sono esseri viventi e richiedono specifiche cure e manutenzione regolari per garantirne la salute e la vitalità. Pratiche di gestione sostenibile come l'impiego di materiale di propagazione di qualità senza difetti, una potatura mirata o il controllo delle malattie, possono aiutare a garantire la salute degli alberi e massimizzare la loro capacità di mitigare l'inquinamento atmosferico. È fondamentale ricordare che per avere benefici dalla parte aerea della vegetazione (rami e foglie) è di cruciale importanza prestare attenzione alla porzione ipogea delle piante: radici con sufficiente spazio di sviluppo e in salute sosterranno chiome in salute. Nella ricerca di PACE *et al.* (2022) si evidenzia come l'ampiezza della superficie fogliare sia determinante nel fornire una serie di co-benefici (nello specifico assorbimento di inquinanti atmosferici e riduzione del calore locale).

Un aspetto gestionale sensibile è legato agli interventi di potatura di alberature urbane e agli effetti che questi possono avere nel sospendere o diminuire l'erogazione di servizi ecosistemici. La potatura e la mortalità degli alberi influiscono, infatti, direttamente e indirettamente su numerosi (se non tutti) i servizi ecosistemici che ci attendiamo dalle foreste urbane e in particolare dalle componenti in interazione diretta con le cosiddette strutture e infrastrutture grigie o in ambiti a forte frequentazione da parte dei cittadini, quali le alberature stradali, le piazze alberate, i parchi e i giardini nelle aree più densamente costruite. Per questo motivo, EUFORICC ha sviluppato uno studio specifico per iniziare a quantificare l'effetto delle potature di alberi in città sui servizi ecosistemici (SPEAK e SALBITANO 2023). A valle di questa ricerca si può affermare con certezza che la maggior parte dei servi-

zi ecosistemici è influenzata negativamente dalla potatura, ad eccezione della qualità estetica (per le specie che sono considerate migliorate da una gestione della forma della chioma) e della fornitura di legno. Nel caso dell'estetica, è stato però messo in evidenza che le persone generalmente preferiscono chiome di alberi più grandi e una potatura severa può danneggiare la percezione estetica e quindi incrinare critiche da parte dell'opinione pubblica.

- **Politiche di pianificazione urbana:** la pianificazione urbana dovrebbe includere politiche volte a promuovere la creazione e la gestione di foreste urbane. In particolare pianificando, ove possibile, nuove aree verdi nelle aree in cui alta densità di popolazione e alta concentrazione di inquinanti sono concomitanti. E quando non è possibile la messa a dimora di nuovi alberi, sulla piccola scala è importante trovare efficaci soluzioni alternative quali i tetti o le pareti verdi (DI PIRRO *et al.* 2022). Su grande scala invece CHEN *et al.* (2019) hanno evidenziato come aree verdi al di sopra di 200 m di raggio hanno un impatto significativamente maggiore nella riduzione del $PM_{2.5}$. Nella pianificazione di nuove aree è quindi fondamentale tenere conto a monte degli effetti di mitigazione e prevenire l'alta densità di superfici impermeabilizzate bilanciando sempre il costruito con adeguate aree verdi, preferibilmente alberate.



RIGENERAZIONE LOCALE: POLITICHE E PIANIFICAZIONE IN AMBITO URBANO



Considerando le numerose evidenze scientifiche riguardo servizi e disservizi offerti dalle NBS in contesti urbani e ad alta densità abitativa, la sfida quanto mai attuale è quella di riuscire ad includerle in maniera pervasiva ed efficace a livello politico e pianificatorio. Per far ciò è fondamentale adottare un approccio territoriale in grado di schematizzare le principali criticità, opportunità e capacità delle NBS al fine di migliorarne l'implementazione a scala locale tramite un attento processo di pianificazione e progettazione. Pertanto, muovendo dagli aspetti strettamente funzionali delle NBS, occorre modulare criteri e linee guida per far sì che esse vengano concretamente considerate come soluzione alle attuali sfide socioeconomiche ed ambientali, quindi, opportunamente finanziate e distribuite in maniera equa sul territorio, massimizzando il loro potenziale multifunzionale e la loro efficacia per il benessere delle persone. Il presente capitolo illustra una serie di indicatori, protocolli e modelli che, con un approccio multiscalare, hanno l'obiettivo di analizzare l'efficacia e la coerenza delle attuali politiche nazionali riconducibili al tema NBS nell'affrontare le effettive esigenze territoriali emergenti da una lettura scientifica ed analitica. Gli esiti delle ricerche svolte forniscono delle indicazioni per il miglioramento del quadro politico e pianificatorio volto a favorire la rigenerazione di aree urbane degradate, il rallentamento del consumo di suolo, l'aumento della connettività e della multifunzionalità del verde urbano nuovo ed esistente.

IL QUADRO POLITICO ITALIANO E LE PRINCIPALI CRITICITÀ TERRITORIALI

Partendo dall'analisi del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) sono stati analizzati sia i finanziamenti che annoverano le NBS come soluzione per affrontare l'attuale crisi economica ed emergenza climatica, sia tutti quei finanziamenti che potrebbero potenzialmente includerle ma all'interno dei quali non trovano ancora un adeguato spazio. La metodologia utilizzata per l'analisi del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza può essere replicata in altri documenti strategici e pianificatori al fine di quantificare l'attuale inclusione delle NBS e la strada ancora da percorrere per uno sviluppo economico più verde, basato su un miglioramento del benessere umano e dell'equità sociale, in grado di garantire al contempo una significativa riduzione dei rischi ambientali e un miglioramento della qualità ambientale.

Le ricerche si sono inoltre concentrate sulla lettura territoriale del consumo di suolo analizzandone entità e *pattern* spaziali e su come queste variabili incidono in maniera rilevante sulla funzionalità ecosistemica e delle reti ecologiche. La stima, a scala nazionale, delle superfici permeabili residue in contesti edificati, unita ad una analisi diacronica dell'evoluzione nell'ultimo trentennio, fornisce delle chiare indicazioni quantitative rispetto alle aree da salvaguardare e ancora disponibili per la rinaturalizzazione e rigenerazione territoriale, volta a ridurre l'antinomia tra aree urbane e aree rurali/naturali. Un ulteriore approfondimento relativo alla qualità e al degrado ambientale di queste aree (es. la loro capacità di ospitare o meno biodiversità) restituisce invece delle informazioni chiave riguardo all'entità delle operazioni di bonifica, ripristino e riqualificazione ambientale da introdurre. Inoltre, l'ana-

lisi della morfologia, della struttura e della pressione abitativa in tutti i comuni italiani permette di individuare e suggerire delle indicazioni di massima rispetto ai possibili interventi volti a favorire l'implementazione delle NBS, agendo al contempo sul miglioramento della connettività ecologica e sulla riduzione del consumo di suolo. Infine, la spazializzazione di indicatori di *performance* di mitigazione di inquinanti e fenomeni estremi legati al cambiamento climatico, ha permesso di individuare un ventaglio di NBS multifunzionali volti a mitigare simultaneamente più criticità territoriali presenti sul territorio nazionale.

Le ricerche svolte hanno portato all'elaborazione di **cinque indicatori**, a loro volta testati, utilizzabili e replicabili grazie a corrispettivi protocolli di ricerca e modelli:

- **Frequenza termini ed investimenti dedicati alle Soluzioni Basate sulla Natura nei documenti strategici:** Valutazione quantitativa e qualitativa della narrativa dei documenti strategici e pianificatori al fine di monitorare l'inclusione di Soluzioni Basate sulla Natura (DI PIRRO *et al.* 2022a).
- **Verde totale per unità di superficie:** Stime su scala nazionale della superficie di verde urbano (alberato e non alberato) per abitante e il rapporto tra la superficie permeabile e quella urbanizzata (DI CRISTOFARO *et al.* 2022).
- **Qualità/degrado habitat ed ecosistemi:** Valutazione degli impatti futuri dell'urbanizzazione su ambiti territoriali e vegetazionali omogenei (DI PIRRO *et al.* 2021).
- **Appartenenza dei comuni a cluster di verde urbano:** In base alla struttura e alla morfologia urbana, per ogni comune italiano sono individuati degli interventi per il miglioramento delle infrastrutture verdi all'interno e all'esterno di ogni comune (SALUSTIO *et al.* 2020).
- **Guida alla selezione di NBS multifunzionali in base alle criticità territoriali:** Graduatoria di 24 Soluzioni Basate sulla Natura (NBS) basata sulla loro *performance* di mitigazione di inquinanti atmosferici, ondate di calore e fenomeni alluvionali, sia singolarmente che simultaneamente. Le sfide ambientali sono state individuate e mappate a scala nazionale con una risoluzione spaziale di 1 km² (DI PIRRO *et al.* 2022c, 2022b).

PRIORITÀ DI INTERVENTO E POSSIBILI RISPOSTE ALLE NECESSITÀ TERRITORIALI: UNA PROSPETTIVA MULTISCALE

Nonostante i numerosi progetti e buone pratiche dedicati all'implementazione di NBS nei contesti urbani di tutta Italia, i loro risultati ed evidenze scientifiche faticano ad essere tradotte e considerate nei documenti strategici e politici nazionali (*upscaling*). Al contempo, nello stesso panorama scientifico anche internazionale, sono ancora molto rari gli studi e gli approcci che, al contrario, partendo da una lettura di scala vasta, vadano poi a declinare gli interventi ottimali per rapporti costi-efficacia alle scale locali di attuazione. Le analisi del PNRR hanno evidenziato che le NBS sono ancora scarsamente finanziate come validi strumenti per la lotta al cambiamento climatico e marginalmente annoverate per il loro potenziale ritorno economico, in termini di nuovi posti di lavoro e costi evitati (es. riduzione del tasso di ospedalizzazione). In questa ricerca è stata quindi proposta una riflessione critica delle opportunità perse per affrontare le sfide socio-economiche ed ambientali che coinvolgono i cittadini italiani all'interno della principale fonte di finanziamenti e riforme dell'attuale momento storico che il PNRR rappresenta. Partendo da questo stato dell'arte, sono stati elaborati degli strumenti per favorire l'individuazione e la prioritizzazione di interventi basandosi sulle problematiche territoriali, concentrandosi in particolare sul consumo di suolo e sugli impatti ecologici che causa.

La frammentazione territoriale e l'impatto ambientale causato dal consumo di suolo risultano evidenti dalle analisi svolte, da cui si evincono situazioni particolarmente critiche in diversi ecosistemi e limitate aree permeabili residue all'interno dei contesti edificati, proprio a causa dell'elevata artificializzazione ed impatto antropico. Tale circostanza si riflette in un basso stato di conservazione di diversi ecosistemi sottolineando la necessità di massimizzare l'utilizzo di spazi permeabili residui, prediligendo interventi di riqualificazione nelle aree ad alta densità abitativa e la realizzazione di nuove NBS soprattutto nelle aree a media e bassa densità abitativa. È inoltre emerso chiaramente che non solo l'entità del consumo di suolo, ma anche i suoi *pattern* spaziali (es. più o meno diffuso e frammentato), incidono in maniera rilevante sulla funzionalità delle reti ecologiche. La restituzione in termini spazialmente espliciti di indicatori di qualità e

degrado ambientale prodotti all'interno dei protocolli di ricerca offre 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. Infatti, proprio grazie all'impiego di indicatori che esprimono la capacità di 24 NBS di erogare servizi ecosistemici e l'analisi spaziale delle sfide ambientali presenti sul territorio nazionale, è stato possibile fornire delle linee guida applicabili a diverse scale politiche e pianificatorie.

Su scala nazionale, il protocollo sviluppato può attendibilmente:

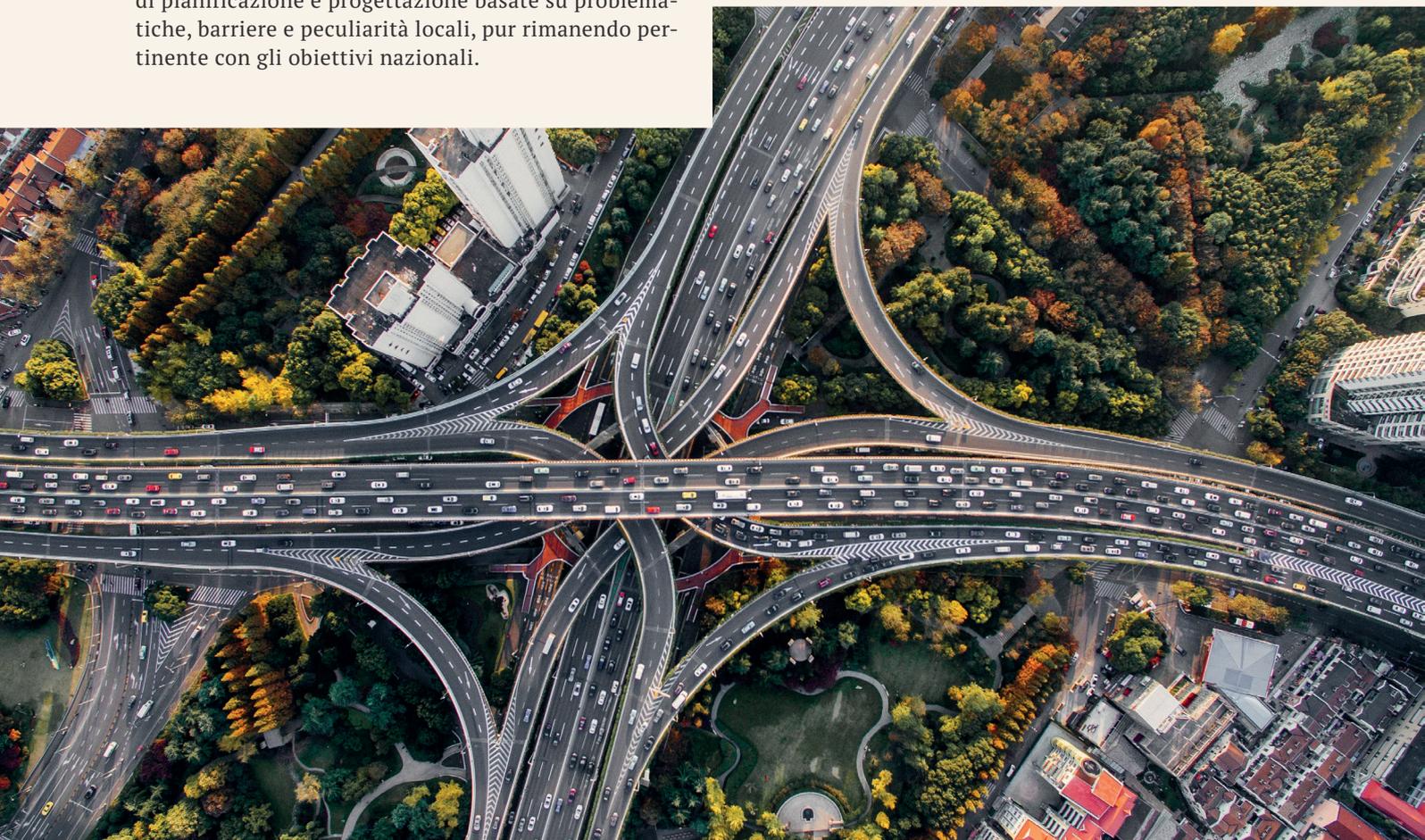
- i. identificare le aree che presentano una domanda simultanea per il raggiungimento di più obiettivi nazionali;
- ii. orientare spazialmente i nuovi investimenti necessari per mitigare le sfide ambientali;
- iii. sostenere la selezione NBS che forniscono maggiori benefici collaterali, svolgendo un ruolo cruciale nell'aumentare l'efficienza delle allocazioni di bilancio.

A scala comunale, la classifica NBS può essere utilizzata come linea guida per ulteriori specifiche attività di pianificazione e progettazione basate su problematiche, barriere e peculiarità locali, pur rimanendo pertinente con gli obiettivi nazionali.

Le ricerche illustrate forniscono supporto per:

- i. sviluppare una visione strategica a scala nazionale volta ad orientare l'allocatione dei fondi, garantendo un'equa distribuzione sul territorio nazionale;
- ii. produrre linee guida standardizzate per i comuni italiani per supportare ed indirizzare interventi di riqualificazione e ripristino.

Le attività, svolte all'interno del progetto, che hanno previsto la collaborazione diretta con enti territoriali (es. Comune di Campobasso) hanno evidenziato la grande opportunità di non vincolare i temi relativi alle infrastrutture verdi al solo comparto, ma piuttosto di renderli trasversali a varie tematiche concernenti la pianificazione urbanistica in senso lato. Nello specifico, ad esempio, l'opportunità di potenziare e migliorare la connettività e funzionalità ecologica delle aree verdi, considerandole anche quali punti nodali delle reti di emergenza-urgenza in caso di calamità, rappresenta un elemento di pianificazione e progettazione in grado di ottimizzare e rendere più efficienti sia l'uso delle risorse economiche che tutte le fasi legate anche alla gestione e manutenzione delle aree stesse e, non da ultimo, migliorare notevolmente la percezione da parte della cittadinanza.



COSCIENZA SOCIALE, SALUTE E BENESSERE



Si stima che entro il 2050 più di due terzi della popolazione vivrà in aree urbane. Vivere in aree altamente urbanizzate come grandi centri urbani è associato sia a vantaggi che a svantaggi. Tra i vantaggi troviamo la maggiore facilità di accesso al sistema sanitario nazionale, alla cultura, alla socializzazione e ai sistemi ricreativi rispetto a chi vive in ambienti rurali. Tuttavia, vivere in ambienti altamente urbanizzati può portare con sé anche alcune minacce, quali il rischio di sedentarietà, alti livelli di stress, inquinamento acustico e atmosferico e minore accesso agli ambienti naturali. Tutti questi elementi costituiscono dei fattori di rischio per la salute e il benessere, sia da un punto di vista fisico, fisiologico e organico e sia da un punto di vista mentale, psicologico e psicosociale.

Uno dei fattori chiave per proteggere la salute dei cittadini è quello di integrare elementi naturali all'interno del contesto urbano, come sostenuto da ormai una corposa letteratura scientifica. Questo è possibile attraverso la messa a punto delle NBS. Tali NBS (pareti verdi, parchi urbani, oasi di biodiversità, ecc.) portano benefici sia a livello ambientale che a livello umano, collettivo e sociale (GLADWIN *et al.*, 2023).

L'interazione positiva tra ambiente ed essere umano è in grado di instaurare un processo virtuoso per il quale l'individuo, fruitore di servizi ecosistemici di vario tipo, sviluppa o rafforza un atteggiamento benevolo nei confronti della natura che dà luogo alla messa a punto dei cosiddetti "comportamenti pro-ambientali", che non sono altro che azioni di protezione ambientale (quali, ad esempio, evitare sprechi, riciclare, utilizzare mezzi di trasporto non inquinanti), di manutenzione del verde cittadino e di minimizzazione del rischio (ad esempio, prevenzione e gestione degli incendi boschivi) (PANNO *et al.*, 2020; THEODOROU *et al.*, 2022).

Le ricerche svolte nell'ambito del progetto EUFORICC relative a questa linea di ricerca si sono concentrate su un ampio e variegato spettro di dimensioni legate all'interazione tra ambiente e salute umana. Da ciò, sono scaturiti **sei indicatori, con relativi protocolli di ricerca e modelli:**

- **Salute mentale e *wellbeing*:** valutazione del giardinaggio e contatto con la natura come fattori di riduzione dello stress e comportamenti disadattivi legati allo stato di *lockdown* sul territorio italiano (PANNO *et al.* 2021; THEODOROU *et al.* 2021); valutazione del potenziale dell'esposizione ad ambienti naturali tramite realtà virtuale come strumento utile a compensare situazioni di limitato accesso ad aree naturali (SPANNO *et al.* 2022; THEODOROU *et al.* 2023), valutazione dei risvolti psicofisiologici legati all'esposizione ad ambienti naturali (IMPERATORI *et al.* 2023).
- **Coinvolgimento cittadini:** valutazione della disponibilità ad impegnarsi nel miglioramento delle aree verdi urbane secondo la legge sul baratto amministrativo, ovvero una legge approvata in Italia, che dà ai cittadini la possibilità di una riduzione delle tasse locali in cambio del loro coinvolgimento nel miglioramento del territorio (THEODOROU *et al.* 2022).
- **Comportamenti virtuosi:** valutazione del ruolo di variabili di regolazione emotiva nella probabilità di trarre benefici dal contatto con la natura e mettere in atto comportamenti pro-ambientali (PANNO *et al.* 2020).
- **Percezione salute mentale e benessere:** valutazione di come percepiamo la nostra salute e il nostro benessere in base a quanto sia accessibile la natura per noi (GLADWIN *et al.* 2023; PANNO *et al.* 2021; SPANNO e D'ESTE *et al.* 2021).

- **Rischio e prevenzione incendi:** valutazione della conoscenza, percezione e gestione del rischio di incendio nella popolazione generale, in persone impegnate nella “lotta al fuoco” per questioni lavorative o di volontariato e in persone che vivono in zone a ridosso di aree forestali/boschive (SPANO e ELIA *et al.* 2021)
- **Coesione e interazione sociale:** valutazione delle attività orticole e di giardinaggio comunitario come promotore di interazione sociale e di diminuzione della solitudine percepita (SPANO *et al.* 2020). Dalle numerose ricerche svolte in questo ambito nella cornice del progetto EUFORICC sono scaturite importanti riflessioni sull’applicazione di tali risultati nella realtà della pianificazione urbana.

Per prima cosa, abbiamo appurato che garantire l’accesso alle aree verdi pubbliche da parte della popolazione sia in generale e sia in vista di sempre più probabili episodi di natura straordinaria (es. *lockdown* da pandemie) è fortemente raccomandato ai fini della promozione della salute sia fisica (ad esempio, minimizzando la probabilità di ricorrere a comportamenti disadattivi quali l’abuso di alcol) e sia psicologica (in termini di protezione dall’aggravamento di sintomi patologici già eventualmente in corso) dei cittadini (PANNO *et al.* 2021; THEODOROU *et al.* 2021). Anche l’uso di nuove tecnologie, come la realtà virtuale, sembrerebbe rappresentare un utile mezzo per supportare la salute dei cittadini (THEODOROU *et al.* 2023).

Non solo l’accesso ma anche l’interazione con elementi naturali di vario tipo sembra avere un effetto protettivo nei confronti della salute e del benessere umano. Per esempio, l’attività di giardinaggio e in generale le attività legate all’orticoltura sembrano apportare benefici sia a livello individuale che collettivo, aumentando le interazioni e la coesione sociale oltre che il livello di solitudine percepita dei fruitori (SPANO *et al.* 2020). A tal proposito, le caratteristiche fisiche di queste aree sono importanti nel determinare le relazioni sociali. Una buona manutenzione degli spazi verdi favorisce il loro utilizzo come aree ricreative promuovendo i contatti sociali. In aggiunta, una percezione positiva e la sicurezza percepita possono motivare la partecipazione alle attività all’aperto e gli scambi attivi nelle comunità locali (THEODOROU *et al.* 2022).

Certamente, le differenze individuali, quali, ad esempio, il modo in cui regoliamo le nostre emozioni, hanno un peso nel determinare la qualità dell’interazione tra ambiente e salute. Per tale motivo riteniamo sia utile promuovere la messa a punto di *training* volti ad aumentare alcune risorse individuali che possano rafforzare la qualità della stessa (PANNO *et al.* 2020; THEODOROU *et al.* 2023).

Infine, vale la pena sottolineare che non solo i cosiddetti “esperti” ma anche la popolazione generale esprime il desiderio di essere maggiormente informata sui temi relativi alla gestione dei rischi ambientali, quali, ad esempio, il rischio di incendio boschivo, essendo una delle minacce legate al cambiamento climatico che più da vicino interessa il territorio italiano. Una conoscenza più approfondita sui rischi e la gestione degli incendi, supportata da evidenze scientifiche, rappresenta uno dei punti chiave per il necessario cambiamento che siamo chiamati ad operare per garantire in futuro, a tutti, città più sane, più vivibili e più sostenibili (SPANO e ELIA *et al.* 2021).



CONCLUSIONI

Le ricerche svolte nell'ambito del Progetto PRIN EUFORICC e illustrate in queste Linee Guida hanno riguardato un ampio ventaglio di ricerca nel settore delle NBS e della gestione delle aree verdi, compresa la percezione da parte del pubblico. Le metodologie sviluppate sono originali, pensate per essere replicate anche in altri contesti e possono contribuire allo sviluppo della *governance* del verde urbano e periurbano se opportunamente integrate in questo strumento normativo.

L'interesse alla pianificazione, progettazione e gestione del verde urbano aumenta di pari passo con l'aumento dell'estensione delle aree verdi, di conseguenza cresce l'esigenza di impiegare metodologie appropriate, fondate su basi scientifiche. Nelle ricerche sono stati compresi anche aspetti connessi a disservizi ecosistemici e, più in generale, alla risoluzione di problematiche più ampie relative alla gestione delle aree verdi, con strutture diverse e differenti contesti. L'apertura a questo punto di vista ha richiesto un approccio metodologico integrato su base interdisciplinare. Riconoscere la possibilità del verificarsi di disservizi implica la valutazione delle condizioni in cui hanno origine determinati effetti negativi, l'epoca in cui possono manifestarsi, la durata dei loro effetti e l'impatto sul pubblico che utilizza le aree verdi. Considerare i disservizi è utile per creare consapevolezza nei gestori sulla necessità di prevenirli e di migliorare l'efficacia delle risorse investite valutando l'efficienza complessiva e l'effettiva sostenibilità delle azioni messe in atto.

Gli esiti di ricerca per la pianificazione, progettazione e gestione adattativa in città e nelle loro regioni fanno riferimento a diversi aspetti, quali: la pianificazione multiscala, la progettazione e la gestione adattativa delle infrastrutture verdi nei comuni italiani e nel loro territorio. Dalla ricerca sono emerse alcune considerazioni generali. L'approccio interdisciplinare è indispensabile per il confronto di sistemi e metodi di lavoro, procedimenti e materiali, coordinamento delle valutazioni tecniche in relazione alla verifica dei risultati, nel breve, medio e lungo periodo. È necessaria una verifica dell'efficacia degli effetti ottenuti, in relazione alla congruità dei fondi disponibili. Dalle infrastrutture verdi sono attesi numerosi benefici am-

bientali, sociali ed economici che non sempre è possibile ottenere immediatamente, in modo automatico e permanente. Per questo, è necessaria una composizione di saperi che non perda di vista gli aspetti ecologico-funzionali e il ciclo vitale degli elementi vegetali. La pianificazione degli interventi tecnici di selvicoltura urbana (riferita in modo particolare all'inserimento di specie arboree) e la sua applicazione nel tempo e nello spazio sono da riferire e adattare a specifiche strutture vegetali (sistemi di alberi e popolamenti forestali) con diverso grado di naturalità e complessità che caratterizzano le diverse tipologie di aree verdi descritte da ISPRA (CHIESURA e MIRABILE 2016).

Gli aspetti tecnici nell'ambito della selvicoltura urbana provengono soprattutto dal settore della gestione forestale e da quello della arboricoltura, pertanto è necessario il richiamo in modo coerente a normative di settore nonché a sviluppi concettuali innovativi (come a es. i principi di selvicoltura sistemica, trattati da CIANCIO 2020) che rendano possibili l'adozione delle migliori pratiche nelle differenti strutture di aree verdi sopra richiamate, comprese le aree boscate di superficie ridotta e frammentata che ricadono nel territorio urbanizzato. Accanto ai principi e agli aspetti tecnici agroforestali è necessario il coordinamento con altre discipline spaziando dall'architettura all'urbanistica, alle scienze sociali, alla tecnologia, al telerilevamento, ecc.. Gli aspetti legati alla comunicazione e al coinvolgimento del pubblico giocano un ruolo cruciale per far comprendere la complessità e le specificità che contraddistinguono pianificazione, progettazione e gestione del verde urbano e periurbano. L'attivazione di partenariati inter/intra istituzionale, pubblico/privato, associazioni/istituzioni può rappresentare uno stimolo e un incentivo alla partecipazione pubblica, alla elaborazione di progetti partecipati che possano diventare l'occasione per ampliare le conoscenze e siano socialmente inclusivi.

In conclusione, si può affermare che la pianificazione multiscala, la progettazione e la gestione adattativa delle infrastrutture verdi nei comuni italiani e nel loro territorio possono essere utilizzate come presupposto per un esercizio di governo del territorio attraverso cui promuovere e mettere in atto obiettivi di sviluppo sostenibile.

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. (2010). *Verso una gestione ecosistemica delle aree verdi urbane e peri-urbane. Analisi e proposte*. ISPRA Rapporti 118/2010 ISBN: 978-88-448-0386-5 <https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00010300/10394-rapporto-118-2010.pdf>
- ALVES P.L., FORMIGA K.T.M., TRALDI M.A.B. (2018). *Rain-fall interception capacity of tree species used in urban afforestation*. *Urban Ecosystems* 21: 697 – 706. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0753-y>
- ANTONESCU B., SCHULTZ D. M., HOLZER A., GROENEMEIJER P. (2017). *Tornadoes in Europe: An underestimated threat*. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 98, 713–728. doi: 10.1175/BAMS-D-16-0171.1
- CHEN M., DAI F., YANG B., ZHU S. (2019). *Effects of neighborhood green space on PM_{2.5} mitigation: Evidence from five megacities in China*. *Building and Environment* 156, 33–45. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.03.007>
- CHIESURA A., MIRABILE M. (2016). *Qualità dell'ambiente urbano*. XII Rapporto ISPRA Stato dell'Ambiente 67/16 pagg. 217-235
- CIAFFI M., ALICANDRI E., VETTRAINO A.M., PAOLACCI A.R., TAMANTINI M., TOMAO A., AGRIMI M., KUZMINSKY E. (2018). *Conservation of veteran trees within historical gardens (COVE): a case study applied to *Platanus orientalis* L. in central Italy*. *Urban Forestry & Urban Greening*, 34: 336-347.
- CIAFFI M., VETTRAINO A.M., ALICANDRI E., TOMAO A., ADDUCI F., KUZMINSKY E., AGRIMI M. (2022). *Dimensional and genetic characterization of the last oriental plane trees (*Platanus orientalis* L.) of historical sites in Lazio (central Italy)*. *Urban Forestry and Urban Greening*, 69, 127506.
- CIANCIO O. (2020). *Biodiversità, silvosistemica e gestione forestale*. *L'Italia Forestale e Montana*, 75 (1): 3-10. <https://doi.org/10.4129/ifm.2020.1.01>
- COLANGELO G., SANESI G., MARIANI L., PARISI S. G., COLA G. (2022). *A circulation weather type analysis of urban effects on daily thermal range for Milan (Italy)*. *Atmosphere*, 13(9) doi:10.3390/atmos13091529
- 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, 728. <https://doi.org/10.3390/f11070728>
- DI CRISTOFARO M., DI PIRRO E., OTTAVIANO M., MARCHETTI M., LASSERRE B., SALLUSTIO L. (2022). *Greener or Greyer? Exploring the Trends of Sealed and Permeable Spaces Availability in Italian Built-Up Areas during the Last Three Decades*. *Forests*. 2022; 13(12):1983. <https://doi.org/10.3390/f13121983>
- DE' DONATO F., SCORTICHINI M., DE SARIO M., DE MARTINO A., MICHELOZZI P. (2018). *Temporal variation in the effect of heat and the role of the Italian heat prevention plan*. *Public Health*, 161, 154–162. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2018.03.030>
- DI PIRRO E., SALLUSTIO L., CAPOTORTI G., MARCHETTI M., LASSERRE B. (2021). *A Scenario-Based Approach to Tackle Trade-Offs between Biodiversity Conservation and Land Use Pressure in Central Italy*. *Ecol. Modell.*, 448, 109533. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2021.109533>
- DI PIRRO E., MENDES R., FIDÉLIS T., SALLUSTIO L., ROEBELING P., MARCHETTI M., LASSERRE B. (2022a). *The Embeddedness of Nature-Based Solutions in the Recovery and Resilience Plans as Multifunctional Approaches to Foster the Climate Transition: The Cases of Italy and Portugal*. *Land*, 11, 1254. <https://doi.org/10.3390/land11081254>
- DI PIRRO E., SALLUSTIO L., CASTELLAR J., SGRIGNA G., MARCHETTI M., LASSERRE B. (2022b). *Facing Multiple Environmental Challenges through Maximizing the Co-Benefits of Nature-Based Solutions at a National Scale in Italy*. *Forests*, 13, 548. <https://doi.org/10.3390/f13040548>
- DI PIRRO E., SALLUSTIO L., SGRIGNA G., MARCHETTI M., LASSERRE B. (2022c). *Strengthening the Implementation of National Policy Agenda in Urban Areas to Face Multiple Environmental Stressors: Italy as a Case Study*. *Environ. Sci. Policy*, 129: 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.12.010>
- EGGERMONT H., BALIAN E., AZEVEDO J.M.N., BEUMER V., BRODIN T., CLAUDET J., FADY B., GRUBE M., KEUNE H., LAMARQUE P., REUTER K., SMITH M., VAN HAM C., WEISSER W.W., LE ROUX X. (2015). *Nature-based solutions: New influence for environmental management and research in Europe*. *Gaia* 24, 243–248. <https://doi.org/10.14512/gaia.24.4.9>
- ESCOBEDO F. J., GIANNICO V., JIM C. Y., SANESI G., LAFORTEZZA R. (2019). *Urban forests, ecosystem services, green infrastructure and nature-based solutions: Nexus or evolving metaphors?* *Urban Forestry and Urban Greening*, 37, 3-12. doi:10.1016/j.ufug.2018.02.011

- FAY N., BUTLER J. (2017). *Management and conservation of ancient and other veteran trees*. In: FERRINI F., KONIJNENDIJK VAN DEN BOSCH C.C., FINI A. (Eds.), *Routledge Handbook of Urban Forestry*. Routledge. Taylor & Francis Group, London and New York, pp. 500–514 Chapter 33.
- FERRINI F. (2004). *Curare i veterani*. II. *Acer*, 5: 50-54. Il Verde Editoriale.
- GLADWIN T.E., MARKWELL N., PANNO A. (2023). *Do Semantic Vectors Contain Traces of Biophilic Connections Between Nature and Mental Health?* *Ecopsychology*, 15(1), 37-44. <https://doi.org/10.1089/eco.2022.0036>
- GROENEMEIJER P., PÚCIK T., HOLZER A. M., ANTONESCU B., RIEMANN-CAMPE K., SCHULTZ D. M., KÜHNE T., FEUERSTEIN B., BROOKS H.E., DOSWELL III C.A., KOPPERS H.J., SAUSEN R. (2017). *Severe convective storms in Europe: Ten years of research and education at the European severe storms laboratory*. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 98, 2641–2651. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0067.1>
- IMPERATORI C., MASSULLO C., DE ROSSI E., CARBONE G. A., THEODOROU A., SCOPELLITI M., ROMANO L., DEL GATTO C., ALLEGRINI G., CARRUS G., PANNO A. (2023). *Exposure to nature is associated with decreased functional connectivity within the distress network: A resting-state EEG study*. *Frontiers in Psychology*, 14, 1530. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1171215>
- IUNGMAN T., CIRACH M., MARANDO F., PEREIRA BARBOZA E., KHOMENKO S., MASSELOT P., QUIJAL-ZAMORANO M., MUELLER N., GASPARRINI A., URQUIZA J., HERIS M., THONDOO M., NIEUWENHUIJSEN M. (2023). *Cooling cities through urban green infrastructure: a health impact assessment of European cities*. *Lancet*, 401(10376): 577-589. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)02585-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)02585-5)
- KAUARK-FONTES B., ORTIZ-GUERRERO C.E., MARCHETTI L., HERNÁNDEZ-GARCÍA J., SALBITANO F. (2023). *Towards Adaptive Governance of Urban Nature-Based Solutions in Europe and Latin America - A Qualitative Exploratory Study*. *Sustainability*. 15(5):4479. <https://doi.org/10.3390/su15054479>
- KUMAR P. (2010). *TEEB-The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB): Ecological and Economic Foundations*. Earthscan, London. <https://www.teebweb.org/wp-content/uploads/Study%20and%20Reports/Reports/Synthesis%20report/TEEB%20Synthesis%20Report%202010.pdf>
- LAFORTEZZA R., CARRUS G., SANESI G., DAVIES C. (2009). *Benefits and well-being perceived by people visiting green spaces in periods of heat stress*. *Urban Forestry and Urban Greening*, 8(2), 97-108. doi:10.1016/j.ufug.2009.02.003
- LYYTIMÄKI J. (2017). *Disservices of urban trees*. In: FERRINI FRANCESCO, KONIJNENDIJK VAN DEN BOSCH CECIL C. e FINI ALESSIO (Eds.). *Routledge Handbook of Urban Forestry*. Routledge, London and New York. Pp. 164-176. DOI: 10.4324/9781315627106.ch12
- MACKINNON K., SOBREVILA C., HICKEY V. (2008). *Biodiversity, Climate Change and Adaptation - Nature-Based Solutions from the World Bank Portfolio*. Washington, DC 20433 USA. <https://doi.org/10.4324/9781849770750>
- MAES J., JACOBS S. (2015). *Nature-Based Solutions for Europe's Sustainable Development*. *Conserv. Lett.* 0, 1–4. <https://doi.org/10.1111/conl.12216>
- MARIANI L., PARISI S. G., COLA G., LAFORTEZZA R., COLANGELO G., SANESI G. (2016). *Climatological analysis of the mitigating effect of vegetation on the urban heat island of milan, italy*. *Science of the Total Environment*, 569-570, 762-773. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.06.111
- MASINI E., TOMAO A., GIULIARELLI D., CORONA P., FATTORINI L., PORTOGHESI L., AGRIMI M. (2023). *The ecosystem disservices of trees on sidewalks: a study based on a municipality urban tree inventory in Central Italy*. Submitted to UFUG.
- MIGLIETTA M.M., MATSANGOURAS I.T. (2018). *An updated climatology of tornadoes and waterspouts in Italy*. *Int. J. Climatol.* 38: 3667–3683. doi:10.1002/joc.5526: Under revision.
- NICISE F. P., COLANGELO G., COMOLLI R., AZZINI L., LUCCHETTI S., MARZILIANO P. A., SANESI G. (2021). *Estimating CO₂ Balance through the Life Cycle Assessment Prism: A Case Study in an Urban Park*. *Urban Forestry and Urban Greening*, 57 (March 2020), 126869. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126869>
- OETZEL J., OH C.H. (2021). *A storm is brewing: Antecedents of disaster preparation in risk prone locations*. *Strateg. Manag. J.* 42, 1545–1570. doi: 10.1002/ smj.3272
- PACE R., CHIOCCHINI F., SARTI M., ENDRENY T.A., CALFAPIETRA C., CIOLFI M. (2022). *Integrating Copernicus land cover data into the i-Tree Cool Air model to evaluate and map urban heat mitigation by tree cover*. *Eur. J. Remote Sens.* 00, 1–18. <https://doi.org/10.1080/22797254.2022.2125833>
- PACE R., MASINI E., GIULIARELLI D., BIAGIOLA L., TOMAO A., GUIDOLOTTI G., AGRIMI M., PORTOGHESI L., DE ANGELIS P., CALFAPIETRA C. (2022). *Measurements in the Urban Environment: Insights from Traditional and Digital Field Instruments to Smartphone Applications*. *Arboriculture & Urban Forestry* . 48(2):113–123 <https://doi.org/10.48044/jauf.2022.XXX>

- PANNO A., CARRUS G., LAFORTEZZA R., MARIANI L., SANESI G. (2017). *Nature-based solutions to promote human resilience and wellbeing in cities during increasingly hot summers*. Environmental Research, 159, 249-256. doi:10.1016/j.envres.2017.08.016
- PANNO A., THEODOROU A., CARBONE G. A., DE LONGIS E., MASSULLO C., CEPALE G., CARRUS G., IMPERATORI C., SANESI G. (2021). *Go greener, less risk: Access to nature is associated with lower risk taking in different domains during the COVID-19 lockdown*. Sustainability, 13(19), 10807. <https://doi.org/10.3390/su131910807>
- PANNO A., THEODOROU A., CARRUS G., IMPERATORI C., SPANO G., SANESI G. (2020). *Nature reappraisers, benefits for the environment: a model linking cognitive reappraisal, the "being away" dimension of restorativeness and eco-friendly behavior*. Frontiers in Psychology, 11, 1986. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01986>
- PATAKI D.E., ALBERTI M., CADENASSO M.L., FELSON A.J., MCDONNELL M.J., PINCETL S., POUYAT R.V., SETÄLÄ H., WHITLOW T.H. (2021). *The benefits and limits of urban tree planting for environmental and human health*. Front. Ecol. Evol., 9 (155), 10.3389/fevo.2021.603757
- PIPINATO A. (2018). *Recent northeast Italian tornado events: Lesson learned for improving structures*. Nat. Hazards 2018:40. doi: 10.1007/s11069-018-3380-2
- POCHEE H., JOHNSTON I. (2017). *Understanding design scales for a range of potential green infrastructure benefits in a London Garden City*. Build. Serv. Eng. Res. Technol. 38, 728-756. <https://doi.org/10.1177/0143624417734526>
- POKORNY J. D. (1992). *Urban tree risk management: A community guide to program design and implementation*. St Paul, MN: USDA Forest Service Northeastern Area.
- PORTOGHESI L., TOMAO A., BOLLATI S., MATTIOLI W., ANGELINI A., AGRIMI M. (2022). *Planning coastal Mediterranean stone pine (Pinus pinea L.) reforestation as a green infrastructure: combining GIS techniques and statistical analysis to identify management options*. Ann. For. Res. 65(1): 31-46. <https://doi.org/10.15287/afr.2022.2176>
- PORTOGHESI L., MASINI E., TOMAO A., AGRIMI M. (2023). *Could climate change and urban growth make Europeans regard urban trees as an additional source of danger?* Front. For. Glob. Change 6:1155016. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1155016>
- QUATRINI V., TOMAO A., CORONA P., FERRARI B., MASINI E., AGRIMI M. (2019). *Is new always better than old? Accessibility and usability of the urban green areas of the municipality of Rome*. Urban Forestry & Urban Greening, 37, 126-134.
- ROMAN L.A., CONWAY T. M., EISENMAN TH. S., KOESER A. K., ORDÓÑEZ BARONA C., LOCKE D. H., DARREL JENERETTE G., ÖSTBERG J., VOGT J. (2020). *Beyond "trees are good": disservices, management costs and tradeoffs in urban forestry*. Ambio, Oct. 2020, 16 pp. USDA. doi:10.1007/s13280-020-01396-8
- ROY S., BYRNE J., PICKERING C. (2012). *A systematic quantitative review of urban tree benefits, costs, and assessment methods across cities in different climatic zones*. Urban Forestry and Urban Greening, 11 (4), pp. 351-363
- SALLUSTIO L., LASSERRE B., BLASI C., MARCHETTI M. (2020). *Infrastrutture verdi contro il consumo di suolo*. Reticula, Ispra. https://www.isprambiente.gov.it/public_files/RETICULA_25_2020.pdf
- SANESI G. (a cura di) (2008). *Manuale RISVEM - Linee guida tecnico-operative per la pianificazione, progettazione, realizzazione e gestione di spazi verdi multifunzionali*. ISBN: 88-87553-15-7, 978-88-87553-15-4. http://www.greenspace.it/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=128&Itemid=336.
- SEMENTATO P. (2004). *Un piano per il verde. Pianificare e gestire la foresta urbana*. Signum Padova Editrice, ISBN: 8884750091.
- SGRIGNA G., BALDACCHINI C., DREVECK S., CHENG Z., CALFAPIETRA C. (2020). *Relationships between air particulate matter capture efficiency and leaf traits in twelve tree species from an Italian urban-industrial environment*. Sci. Total Environ. 718, 137310. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137310>
- SGRIGNA G., RELVAS H., MIRANDA A.I., CALFAPIETRA C. (2022). *Particulate Matter in an Urban-Industrial Environment: Comparing Data of Dispersion Modeling with Tree Leaves Deposition*. Sustain. 14. <https://doi.org/10.3390/su14020793>
- SINHA P., COVILLE R. C., HIRABAYASHI S., LIM B., ENDRENY T. A., NOWAK D. J. (2022). *Variation in estimates of heat-related mortality reduction due to tree cover in U.S. cities*. Journal of Environmental Management, 301, 113751. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113751>
- SPANO G., D'ESTE M., GIANNICO V., CARRUS G., ELIA M., LAFORTEZZA R., PANNO A., SANESI G. (2020). *Are community gardening and horticultural interventions beneficial for psychosocial well-being? A meta-analysis*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(10), 3584. <https://doi.org/10.3390/ijerph17103584>

- SPANO G., D'ESTE M., GIANNICO V., ELIA M., CASSIBBA R., LAFORTEZZA R., SANESI G. (2021). *Association between indoor-outdoor green features and psychological health during the COVID-19 lockdown in Italy: A cross-sectional nationwide study*. *Urban Forestry & Urban Greening*, 62, 127156.
- SPANO G., ELIA M., CAPPELLUTI O., COLANGELO G., GIANNICO V., D'ESTE M., LAFORTEZZA R., SANESI G. (2021). *Is experience the best teacher? Knowledge, perceptions, and awareness of wildfire risk*. *International journal of environmental research and public health*, 18(16), 8385. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168385>
- SPANO G., THEODOROU A., REESE G., CARRUS G., SANESI G., PANNO A. (2022). *Virtual nature and psychological outcomes: A systematic review* [pre-print]. <https://doi.org/10.31219/osf.io/8ux9a>
- SPEAK A.F., MONTAGNANI L., WELLSTEIN C., ZERBE S. (2020) *The influence of tree traits on urban ground surface shade cooling*. *Landscape and Urban Planning* 197:103748
- SPEAK A.F., SALBITANO F. (2021). *Thermal Comfort and Perceptions of the Ecosystem Services and Disservices of Urban Trees in Florence*. *Forests* 2021, 12, 1387. <https://doi.org/10.3390/f12101387>
- SPEAK A.F., SALBITANO F. (2022). *Summer Thermal Comfort of Pedestrians in Diverse Urban Settings: A Mobile Study*. *Build. Environ.*, 208, 108600. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108600>
- SPEAK A., SALBITANO F. (2023). *The impact of pruning and mortality on urban tree canopy volume*. *Urban Forestry & Urban Greening* 79: 127810 <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127810>
- SPINONI J., FORMETTA G., MENTASCHI L., FORZIERI G., FEYEN L. (2020). *Global warming and windstorm impacts in the EU*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, doi: 10.2760/039014
- THEODOROU A., PANNO A., CARRUS G., CARBONE G. A., MASSULLO C., IMPERATORI C. (2021). *Stay home, stay safe, stay green: The role of gardening activities on mental health during the Covid-19 home confinement*. *Urban Forestry & Urban Greening*, 61, 127091. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127091>
- THEODOROU A., PANNO A., AGRIMI M., MASINI E., CARRUS G. (2022). *Can We Barter Local Taxes for Maintaining Our Green? A Psychological Perspective*. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.816217>
- THEODOROU A., SPANO G., BRATMAN G. N., MONNERON K., SANESI G., CARRUS G., IMPERATORI C., PANNO A. (2023). *Emotion regulation and virtual nature: Cognitive reappraisal as an individual-level moderator for impacts on subjective vitality*. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30287-7>
- TOSCO C. (2018). *Storia dei giardini. Dalla Bibbia al giardino all'italiana*. Il Mulino.
- WEERAKKODY U., DOVER J.W., MITCHELL P., REILING K. (2018). *Evaluating the impact of individual leaf traits on atmospheric particulate matter accumulation using natural and synthetic leaves*. *Urban Forestry and Urban Greening*, 30: 98–107. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.01.001>
- WESTFALL J.A., NOWAK D.J., HENNING J.G., LISTER T.W., EDGAR C.B., MAJEWSKY M.A., SONTI N.F. (2020). *Crown width models for woody plant species growing in urban areas of the U.S*. *Urban Ecosystems* 23: 905-917

APPENDICE

TERMINI E DEFINIZIONI

Alberi monumentali (Riferimenti normativi e definizioni):

1. *D.Lgs. n. 42 del 22 gennaio 2004 (Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137" e la successiva modifica del D.Lgs 26 marzo 2008 n. 63.* Gli alberi sono considerati come beni paesaggistici a tutti gli effetti, entrati a far parte del patrimonio culturale nazionale, al pari dei complessi archeologici, degli edifici, dei castelli e dei centri storici di maggior pregio. Il riferimento è alla tutela e alla salvaguardia del paesaggio storico, e riguarda la valorizzazione paesaggistica in chiave di attrazione turistica.
2. *Legge n. 10, 14/01/2013 (Norme per lo sviluppo degli spazi verdi urbani), Art. 7.* Disposizioni per la tutela e la salvaguardia degli alberi monumentali, dei filari e delle alberate di particolare pregio paesaggistico, naturalistico, monumentale, storico e culturale: introduce la definizione di albero monumentale che comprende singoli alberi, filari e arbusti di notevole sviluppo, appartenenti sia a specie autoctone che alloctone: a) 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 di 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; b) i filari e le alberate di particolare pregio paesaggistico, monumentale, storico e culturale, ivi compresi quelli inseriti nei centri urbani; c) gli alberi ad alto fusto inseriti in particolari complessi architettonici di importanza storica e culturale, quali ad esempio ville, monasteri, chiese, orti botanici e residenze storiche private.
3. *Decreto attuativo dell'art. 7 della L. n. 10/2013 (Decreto Interministeriale del 23.10.2014 Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali, dei Beni e*

delle Attività Culturali e del Turismo e dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, (pubblicato in G.U. Serie Generale 18.11.2014 n. 268). Istituisce l'elenco degli alberi monumentali d'Italia e principi e criteri direttivi per il loro censimento tramite apposite schede. Il DM 23/10/2014 individua sette criteri che devono essere soddisfatti, congiuntamente o alternativamente (un solo criterio è sufficiente), affinché l'albero possa essere catalogato come monumentale: età e dimensioni significative, forma peculiare, valore ecologico, valore botanico rarità, architettura vegetale, pregio paesaggistico e aspetti storico-culturali-religiosi. Questi elementi riconoscono gli alberi come esseri viventi che sostengono il loro ruolo eco-biologico.

Alberi veterani: Alberi che nel corso della loro esistenza sono stati assoggettati a severi interventi di potatura che ne hanno alterato profondamente la forma e lo sviluppo della chioma influenzando in vario modo sui processi di invecchiamento. Nella gestione degli alberi monumentali presenti in ambiente urbano è necessario considerare che essi sono anche da considerarsi veterani in quanto assoggettati nel tempo a numerosi tipi di stress che possono incidere sulla loro salute e accorciare la speranza di vita (FERRINI 2004, FAY e BUTLER 2017).

Bosco: (Definizione legale contenuta nel D.Lvo 03/04/2018 n. 34 - Testo unico in materia di foreste e filiere forestali - TUFF), (GU n.92 del 20-4-2018). Per le materie di competenza esclusiva dello Stato, sono definite bosco le superfici coperte da vegetazione forestale arborea, associata o meno a quella arbustiva, di origine naturale o artificiale in qualsiasi stadio di sviluppo ed evoluzione, con estensione non inferiore ai 2.000 m², larghezza media non inferiore a 20 m e con copertura arborea forestale maggiore del 20% (Art. 3, c.3). Il termine implica il vincolo di irreversibilità della coltura). Aree escluse dalla definizione legale di bosco (D.Lvo 03/04/2018 n. 34 - Testo unico in materia di foreste e filiere forestali - TUFF), (GU n.92 del 20-4-2018). Si intendono le aree dedicate alla arboricoltura da legno, i nocchiei e i castagneti da frutto in attualità di coltura, gli spazi verdi urbani quali i giardini pubblici e privati, le alberature stradali, i vivai, le coltiva-

zioni per la produzione di alberi di Natale, gli impianti di frutticoltura e le altre produzioni arboree agricole, le siepi, i filari e i gruppi di piante arboree (Art. 5).

Disservizi ecosistemici (DSE): Definiti in letteratura come “(...) funzioni, processi e attributi generati dall’ecosistema che si traducono in impatti negativi percepiti o effettivi sul benessere umano” (SHACKLETON *et al.* 2016 in LYYTIMÄKI 2017; ROMAN *et al.* 2020). Derivano da una mancata gestione di insieme e dall’esecuzione di interventi non appropriati; finiscono per ridurre o annullare l’entità e la durata dei benefici attesi dagli alberi urbani; implicano impatti negativi sulla fruizione, sui costi di gestione e sul gradimento del pubblico.

In termini generali si riferiscono alle seguenti categorie:

- conflitti con le infrastrutture grigie (strade, sottoservizi, edifici);
- rischi per la salute e l’incolumità di persone e cose;
- aspetti negativi estetici, culturali e socioeconomici, compresa la gentrificazione;
- impatti ambientali (consumi energetici, uso di risorse e inquinamento per la gestione del verde urbano).

Foresta urbana: Si intende l’insieme della vegetazione inclusa nell’ambito urbano, suburbano e nella frangia città-campagna, localizzata all’interno o in prossimità di densi insediamenti urbani che comprendono sia i piccoli comuni in contesto rurale sia le aree metropolitane. La foresta urbana include: lembi residui di superfici agricole, spazi naturali, incolti, alberature, viali, giardini e parchi di ville un tempo tipicamente rurali, ville comunali, orti, aree ripariali, boschetti, aree boscate di superficie spesso limitata e frammentata, fasce di rispetto stradali e ferroviarie, sponde di corsi d’acqua, incolti e altro ancora (MILLER 1998; KUCHELMEISTER 2000; KONIJNENDIJK *et al.* 2006). Nell’ambito della pianificazione territoriale la nozione di foresta urbana è rielaborata e trasposta nel concetto di infrastruttura verde (*green infrastructure*) riferito a una struttura funzionale combinata, per posizione, connettività e tipologie di spazi verdi urbani che nell’insieme concorre a fornire servizi ecosistemici. La foresta urbana è un ecosistema, ma include fisicamente anche edifici, sistemi di trasporto e persone. La progettazione e la gestione delle diverse aree verdi all’interno degli agglomerati urbani coinvolgono professionisti e tecnici che operano in ambienti molto complessi, in cui si trovano a fronteggiare le esigenze molteplici di diverse categorie di portatori di interes-

se. I siti sono spesso problematici sotto il profilo ecologico, caratterizzati da numerose pressioni e impatti: limitazione crescente del biospazio a disposizione degli alberi, condizioni climatiche avverse determinate dal fenomeno dell’isola di calore, compattazione del suolo, carenze idriche, inquinamento atmosferico e del suolo, realizzazione di pavimentazioni impermeabili, ecc. che concorrono a determinare i cosiddetti disservizi ecosistemici.

Gentrificazione: Dalla espressione inglese “gentrification”. Riqualficazione e rinnovamento di zone o quartieri cittadini, con conseguente aumento del prezzo degli affitti e degli immobili e migrazione degli abitanti originari verso altre zone urbane.

Infrastruttura verde: Dalla espressione inglese “green infrastructure” (GI). Rete interconnessa di spazi aperti multifunzionali, inclusi parchi, giardini, spazi verdi nelle città, zone di rimboschimento, ponti verdi, tetti verdi, ecodotti per permettere l’attraversamento di barriere lineari, aree boscate, corridoi verdi, corsi d’acqua, alberature, aree aperte di campagna e altro ancora. L’infrastruttura verde contribuisce alla gestione sostenibile delle risorse e offre molteplici benefici sociali, economici e ambientali, funzioni ecologiche ed estetiche, una migliore qualità dei luoghi e benefici per le persone li abitano o li frequentano (BENEDICT e McMAHON 2002). In termini strutturali, l’infrastruttura verde è costituita da diversi componenti che lavorano insieme per mantenere una rete di siti a supporto dei processi ecologici. Il concetto di infrastruttura verde è declinabile a scale diverse dal livello locale a quello transnazionale. I Servizi ecosistemici sono uno strumento prezioso per comprendere e attribuire un valore ai benefici di un’infrastruttura verde a tutte le scale. La realizzazione di infrastrutture verdi si traduce in vere e proprie strategie per la mitigazione ambientale e l’adattamento ai cambiamenti climatici.

Paesaggio: Designa una determinata parte di territorio - così come è percepita dalle popolazioni - il cui carattere deriva dall’azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni (Convenzione Europea del paesaggio - CEP 2002).

Selvicoltura e Arboricoltura: (D.Lvo 03/04/2018 n. 34 - Testo unico in materia di foreste e filiere forestali - TUFF), (GU n.92 del 20-4-2018): Selvicoltura: attività culturale e gestionale riferita al Bosco, inteso come sistema biologico complesso e bene di interesse pubblico con vincolo della perpetuità: la coltura è irre-

versibile. È attesa la rinnovazione naturale, gamica o agamica. Arboricoltura: attività colturale e gestionale riferita ad un Insieme di alberi, inteso come sistema semplificato e temporaneo: la coltura è reversibile. È prevista la sostituzione degli individui con materiale di qualità proveniente da vivaio specializzato, con particolare riferimento all'impostazione della chioma e dell'apparato radicale) (Art. 3, c.3). Si tratta di attività giuridicamente distinte.

Selvicoltura Urbana: La Selvicoltura Urbana (traduzione dall'inglese *Urban Forestry*) è una branca della Selvicoltura, definita come "l'arte, la scienza e la tecnologia della gestione degli alberi e delle risorse forestali entro e intorno ai centri abitati al fine di fornire benefici di carattere fisico, sociale, estetico ed economico agli abitanti della città" (HELMES 1998, *The Dictionary of Forestry*. Society of American Foresters). La SU è una disciplina scientifica caratterizzata da uno spiccato approccio multidisciplinare/interdisciplinare e si è sviluppata nell'ambito della ricerca forestale internazionale. La gestione di alberi e formazioni boscate nel paesaggio urbanizzato trova uno specifico riferimento pianificatorio, colturale e gestionale nella Selvicoltura Urbana.

Servizi ecosistemici: Servizi e beni connessi alla presenza degli ecosistemi di cui fruiscono le popolazioni per le proprie necessità. Sono distinti in quattro categorie:

- i. servizi di approvvigionamento (di cibo, acqua, materie prime come legname e fibre di origine vegetale e animale);
- ii. servizi di regolazione (effetti diretti e indiretti sul clima, gestione dei rischi naturali, trattamento dei rifiuti);
- iii. servizi di supporto (effetti degli ecosistemi che permettono la fornitura di altri servizi: es. formazione del suolo e ciclo dei nutrienti, mantenimento della biodiversità sia in termini di complessità specifica che strutturale);
- iv. servizi culturali (servizi intangibili che esprimono identità e diversità culturale, valori del patrimonio culturale e paesaggistico, ricreazione e turismo, giocano un ruolo cruciale sul senso di appartenenza a un territorio o a un dato paesaggio e rappresentano forti incentivi al coinvolgimento delle comunità in materia di conservazione ambientale) (TEEB Foundations 2010).

Verde Urbano: Inteso come porzioni di territorio, non edificate, di carattere privato (in questo caso il verde è destinato al godimento del proprietario, che è un soggetto privato) o pubblico (il verde, in questo caso, è destinato all'incremento dell'utilità pubblica attraverso l'espletamento di funzioni a favore della generalità dei cittadini), che coesistono con le strutture e i manufatti e sono destinate al godimento e alla salute della collettività (IUGULANO *et al.* 1992, MARONE 2008 in SANESI 2008). La distinzione tra verde pubblico e verde privato resta valida ma, sebbene il godimento del verde privato sia a esclusivo vantaggio del privato cittadino, esso deve comunque sottostare a prescrizioni, quali quelle contenute nel Regolamento del verde, in quanto può assumere secondariamente funzioni pubbliche per le caratteristiche paesaggistiche o ambientali del bene. Il verde urbano e periurbano è inteso, in termini generali, come l'insieme di aree permeabili naturali e seminaturali pubbliche o private intercluse nella matrice urbanizzata. Si può considerare come un vero e proprio sistema complesso, configurato come un bene diffuso, di interesse collettivo, addirittura come un servizio sociale, di cui i cittadini, adeguatamente informati e coinvolti, possano sentirsi responsabili e stimolati a partecipare anche direttamente alla sua gestione. Tuttavia, si tratta di un insieme eterogeneo di superfici e di strutture vegetali con un grado di naturalità molto variabile. Il "sistema del verde urbano e periurbano" rappresenta una risorsa multifunzionale per la città e per i suoi abitanti, in termini di sostenibilità e di qualità della vita, potendo assumere il ruolo di strumento di riqualificazione, continuità ed integrazione tra la diffusione edilizia e gli ambienti naturali circostanti.

