

FORESTA

UNA RISORSA MULTIFUNZIONALE
PER LO SVILUPPO LOCALE



IL PROGETTO USEFOL

Gli obiettivi di USEFOL sono promuovere la gestione attiva e sostenibile del patrimonio forestale e promuovere lo sviluppo di filiere corte basate su un maggiore collegamento e sinergia tra il sistema produttivo e il sistema industriale di trasformazione.

La realizzazione di filiere corte nei territori montani richiede un'attenta conoscenza della risorsa legnosa disponibile ed un'accorta pianificazione della sua utilizzazione nel medio-lungo periodo.

Per tale motivo il progetto USEFOL si prefigge di realizzare un modello di calcolo,

integrato con Sistemi Informativi Geografici (Geographic Information System, G.I.S.) e con i database disponibili in Regione Lombardia per fornire informazioni a livello di singola particella forestale in termini di biomassa legnosa prelevabile e di carbonio stoccato.

Obiettivo di questo opuscolo, destinato agli studenti delle scuole superiori, è quello di fornire uno strumento conoscitivo introduttivo al tema della risorsa forestale illustrando i principali aspetti relativi alla sua pianificazione, alla sua utilizzazione e alla destinazione e valorizzazione del legno.



FORESTE IN LOMBARDIA: una risorsa multifunzionale

Funzioni, caratteristiche e superfici

Il 26% del territorio della Regione Lombardia è ricoperto da foreste per una superficie complessiva di circa 61.9000 ha. Questa superficie è in continua espansione: nel decennio 2009-2018 si è registrato un aumento medio di 1.758 ettari/anno (circa 2.500 campi da calcio), prevalentemente in ambito montano.



Funzione di protezione:

le foreste proteggono i nuclei abitati, le strade e altre infrastrutture dalla caduta di massi e dalle valanghe.



Funzione di produzione:

le foreste producendo prodotti legnosi e non legnosi forniscono materie prime e reddito.



Funzione turistico-ricreativa:

le foreste ci consentono di apprendere, conoscere, praticare sport, o più semplicemente rilassarci.



Funzione paesaggistica:

le foreste connotano il paesaggio montano lombardo.



Funzione di conservazione della biodiversità: boschi diversi costituiscono habitat diversi, adatti alle esigenze di vita di molteplici specie animali e vegetali.



Funzione di stoccaggio di CO₂: attraverso la fotosintesi, gli alberi trasformano l'anidride carbonica contenuta nell'aria in carbonio organico incorporato nel legno.

FILIERA LEGNO

Con il termine “filiera legno” si indica l’insieme delle attività imprenditoriali coinvolte nella produzione primaria di legname (raccolta e trasporto) e nella sua prima e seconda trasformazione.



La struttura

La struttura della filiera foresta-legno può essere descritta nelle quattro macro-entità:

- **produzione forestale** (fase di raccolta), effettuata da imprese forestali di utilizzazione;
- **prima trasformazione** (produzione di materiali semilavorati), effettuate da imprese del comparto delle segherie, dei pannelli a base di legno e dell’imballaggio.
- **seconda lavorazione** costituita dall’industria della carta, del mobile e altre produzioni in legno;
- **filiera energetica** della biomassa legnosa.



I punti di debolezza

Oggi, in Italia, sono da considerare punti di debolezza della filiera:

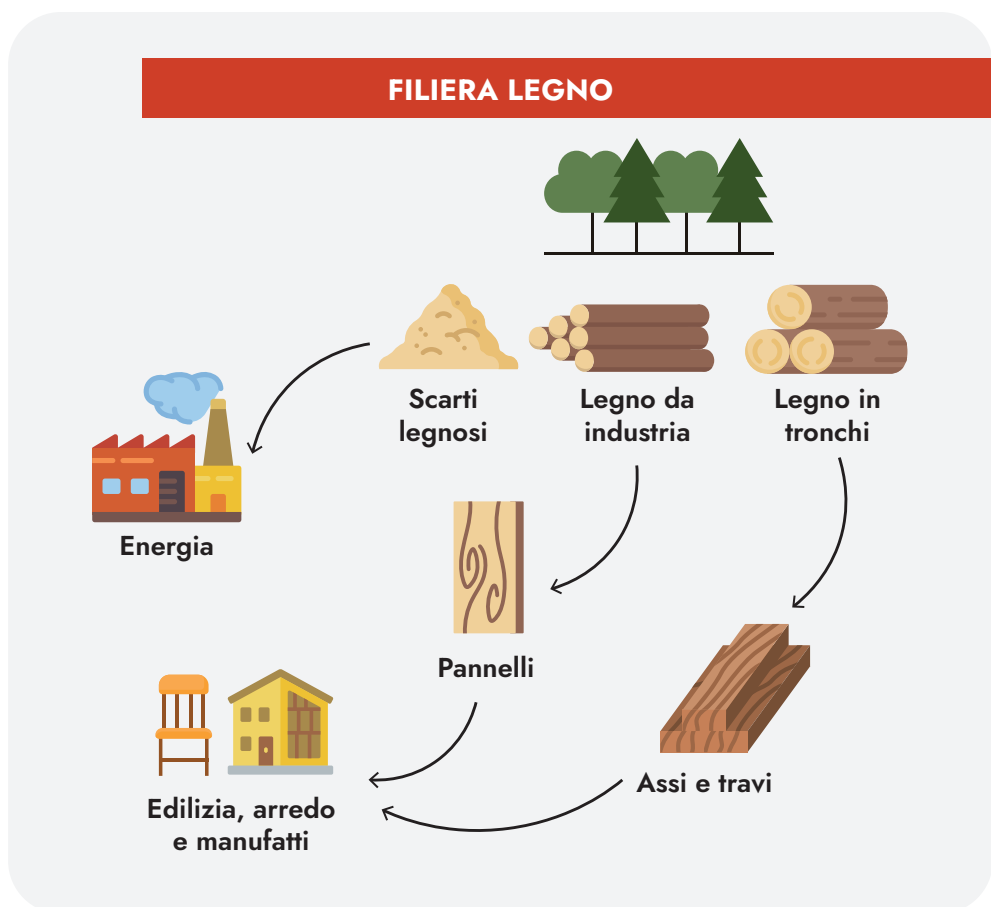
- **settori delle utilizzazioni** - la superficie forestale italiana annualmente sottoposta a utilizzazione è inferiore al 2% (in Lombardia 1,1 % nel 2020) e la superficie pianificata ammonta solo al 15% di quella totale (in Lombardia 12,1 % nel 2020);
- **settori della prima trasformazione** - il valore qualitativo degli attuali prodotti legnosi nazionali è limitato, tantoché il 66% del volume di legno tagliato è costituito da legna da ardere (in Lombardia 85% nel 2020).

Nonostante ciò **la filiera produttiva italiana legata alla risorsa legno** rappresenta un’importante realtà produttiva e occupazionale che **basa il fabbisogno della materia prima sull’importazione**: l’80% del volume del legno lavorato proviene dall’estero.

A fronte di questa importazione della materia prima, **l’Italia è tra i primi posti al mondo per l’esportazione di prodotti finiti** e il sistema legno-arredo costituisce il comparto

trainante della filiera foresta-legno italiana. In Lombardia (dati 2021) il comparto del legno-arredo conta 9.724 imprese con 47.216 addetti, il 40,5% impegnati nella lavorazione del legno e il 59,5% nella realizzazione di mobili.

In un contesto di massima valorizzazione della risorsa legnosa, la filiera energetica diviene l'ultimo tassello di un processo nel quale il legno destinato alla combustione è da considerarsi uno scarto di lavorazione del legno, non avendo altre possibilità di utilizzo o di riciclo. Questo meccanismo viene definito "uso a cascata del legno" e rientra tra gli obiettivi dettati dalle strategie politiche relative all'economia circolare dell'Unione Europea.



PIANIFICAZIONE E GESTIONE FORESTALE

Obiettivi e strumenti operativi

Le foreste sono una risorsa rinnovabile il cui utilizzo è possibile nel lungo periodo solo adottando una gestione sostenibile, capace di garantirne la permanenza e la funzionalità nel tempo. Attraverso una gestione forestale sostenibile le attività forestali possono assicurare benefici multipli sia sociali che ambientali ed economici.

L'utilizzo sostenibile della risorsa legnosa è possibile solo se questa viene inserita in **strumenti di pianificazione** che, a partire dal

monitoraggio e conoscenza delle foreste presenti in un dato contesto territoriale, ne definiscono le potenzialità di gestione e valorizzazione per un arco di tempo medio-lungo.

La pianificazione forestale è uno strumento operativo che, organizzando le attività selvicolturali, consente di non depauperare la risorsa e di rispettare i **3 pilastri** della gestione forestale sostenibile:

- **sostenibilità ambientale**
- **sostenibilità sociale**
- **sostenibilità economica**





Sostenibilità ambientale

Garantire la disponibilità e la qualità delle risorse naturali. Pianificare la risorsa legnosa significa, attraverso la programmazione degli interventi selvicolturali definire dove, come e quanto legname prelevare per non compromettere i valori climatici e ambientali del bosco.



Sostenibilità sociale

Garantire qualità della vita, sicurezza e servizi per i cittadini. Pianificando la gestione è possibile garantire la permanenza della foresta e con essa tutti i servizi ecosistemici che questa è in grado di fornire alla società (protezione, produzione di legname, biodiversità, turistico ricreativa e paesaggistica)



Sostenibilità economica

Garantire efficienza economica e reddito per le imprese. La pianificazione consente di organizzare e strutturare le filiere del legno su basi solide. Organizzare nel tempo l'utilizzo della risorsa legnosa consente alle aziende di programmare i lavori, le produzioni e di strutturarsi sulla base delle necessità di queste ultime.

Gli strumenti della pianificazione in Regione Lombardia

Piani di indirizzo forestale - PIF sono finalizzati alla valorizzazione polifunzionale delle foreste e dei pascoli all'interno di ampi comprensori. Sono redatti da province, comunità montane ed enti parco per i territori di rispettiva competenza.

Piani di Assestamento Forestale - PAF rappresentano lo strumento di programmazione e gestione degli interventi selvicolturali delle proprietà forestali. Sono redatti dai proprietari o gestori, singoli o associati, di proprietà forestali per la gestione a carattere aziendale del patrimonio boschivo

Piani di Assestamento Forestale Semplificati - PAFS, redatti per i boschi che svolgono funzioni prevalentemente diverse da quella produttiva.

FORESTE E CICLO DEL CARBONIO

Le foreste: i migliori alleati contro il cambiamento climatico (con cinque miti da sfatare)

Il clima terrestre è in parte influenzato dalle attività degli ecosistemi, come foreste, oceani e praterie. Le foreste coprono il 27% delle terre emerse e rappresentano uno degli ecosistemi chiave per la regolazione del ciclo del carbonio e del clima.

Le foreste rappresentano uno dei principali serbatoi di carbonio del continente europeo e uno dei più importanti al

mondo insieme agli oceani. Si stima che a livello globale le foreste assorbano il 26% delle emissioni globali di CO₂ causate dall'uomo. Le sole foreste italiane sequestrano dall'atmosfera 35 milioni di tonnellate di CO₂ ogni anno, corrispondenti al 9% delle emissioni annuali prodotte dal nostro paese.

Le foreste però non hanno solo la capacità di assorbire grandi quantità di carbonio, ma anche quella di mantenerlo sequestrato per lungo



tempo nella biomassa legnosa di cui sono composte. Parte del carbonio così sequestrato passa poi a serbatoi ancora più stabili come il suolo. Una gestione climaticamente intelligente del-

le foreste permette di massimizzare la loro capacità di sequestrare CO₂ atmosferica, ma anche di produrre materiali a basso impatto sul clima, come legname da opera e per la manifattura.

Attorno alle foreste girano molte semplificazioni. ECCO 5 MITI DA SFATARE



Tagliare alberi danneggia il clima: questo è vero se avviene in maniera indiscriminata (deforestazione). Un taglio accurato può aiutare le foreste ad assorbire più CO₂ e a resistere ai cambiamenti climatici;



La foresta non ricresce più dopo un taglio o un incendio: le foreste sono ecosistemi resilienti e hanno grandi capacità di rigenerazione, se il taglio o il disturbo avvengono con una intensità simile al regime di variabilità naturale del disturbo;



L'uso di carta e legno danneggia le foreste: se ben pianificati, i tagli permettono di produrre materiali a basse emissioni di CO₂ e di non compromettere vitalità e permanenza della foresta nel tempo;



Le foreste si gestiscono da sole: su tempi lunghi è certamente vero, ma nel breve periodo siamo noi ad avere bisogno del bosco e delle sue funzioni, che possono richiedere di intervenire modificando la struttura e la composizione della foresta;



Le foreste italiane sono in diminuzione: in realtà in soli 10 anni le foreste italiane sono cresciute di 587.000 ettari (pari a circa 84.000 campi da calcio all'anno)!

SELVICOLTURA CLIMATICAMENTE INTELLIGENTE

Come aumentare l'assorbimento di carbonio
con la gestione forestale

La necessità di un'azione climatica trasversale a tutti i settori economici e le potenzialità di sequestro di carbonio delle foreste ha portato alla nascita di un approccio alla gestione forestale dedicato: la Climate Smart Forestry.

La Climate Smart Forestry, o gestione forestale climaticamente intelligente, punta a massimizzare la capacità delle foreste di mitigare i cambiamenti climatici e ad aumentarne la resilienza, ossia la capacità di reagire a questi.

Questo approccio si basa sui seguenti tre pilastri.



1. Riduzione delle emissioni climalteranti, ossia quelle che causano la crisi climatica, e loro sequestro per mitigare i cambiamenti climatici.



2. Adattamento della gestione forestale per creare foreste resilienti, ossia foreste in grado di sopportare i cambiamenti del clima mantenendo intatte le loro funzioni.



3. Gestione pianificata delle foreste al fine di migliorare la fornitura di tutti i servizi che esse possono generare.



Gli obiettivi quindi sono diversi: da un lato aiutare le foreste ad assorbire più carbonio, tramite la prescrizione di misure selvicolturali dedicate e la scelta di specie adatte. Dall'altro effettuare cure colturali capaci di aumentare la resilienza alla siccità, agli stress idrici, termici e a ciò che ne consegue, come l'aumento del pericolo incendi e la variazione delle condizioni in cui germinano i semi.

Per poter massimizzare i servizi di mitigazione dei cambiamenti climatici forniti dalle foreste è essenziale preservarne la salute e la vitalità.

Diversi studi riportano come cruciale il mantenimento della salute e della vitalità delle foreste, tramite una protezione della biodiversità presente e un aumento della diversità genetica e funzionale. Gli altri interventi, che devono tenere conto di questa necessità di base, sono di varia natura e spesso sito-specifici: studi condotti in Repubblica Ceca propongono un aumento della naturalità delle foreste per aumentare la resistenza alla

siccità e agli insetti infestanti, che possono portare a un aumento della mortalità e quindi a un rilascio in atmosfera della CO₂ stoccata e a una diminuzione del sequestro. Tagli pianificati si sono dimostrati efficaci per aumentare la rinnovazione del bosco e la resistenza agli schianti da vento in Irlanda e in Spagna.

Anche misure relative alla diminuzione della frammentazione degli habitat hanno dimostrato di avere impatti positivi.

A queste misure, tuttavia, è importante associare un uso corretto del legname eventualmente prelevato: il carbonio sequestrato nei prodotti legnosi deve rimanere in quella forma il più a lungo possibile prima di tornare in atmosfera sotto forma di CO₂. Per questo l'utilizzo di legname per produrre edifici e altri beni durevoli è di grande importanza: all'interno di travi e pannelli di legno il carbonio rimane bloccato per diversi decenni, senza aumentare quello presente in atmosfera.

SEQUESTRO DI CARBONIO

Metodi e approcci per stimare il contenuto
e il sequestro di carbonio nelle foreste

Per valutare l'impatto che l'essere umano ha sul clima non è sufficiente monitorare le emissioni dei diversi settori economici: serve anche valutare la rimozione di CO₂ operata dagli ecosistemi e quindi la loro capacità di mitigare il riscaldamento climatico.

I vegetali sono tra i nostri migliori alleati nella lotta contro i cambiamenti climatici, poiché la CO₂, principale gas a effetto serra, è un nutriente fondamentale per il loro metabolismo. Le piante riescono a trasformare la CO₂ in glucosio che a sua

volta è l'ingrediente base per gran parte delle molecole di cui sono composte le piante. Il carbonio atmosferico viene quindi trasformato in biomassa.

Quando una pianta muore, parte del carbonio di cui è composta va nel serbatoio stabile del suolo, ma la maggior parte torna in atmosfera. Se la foresta è in salute, e nuove piante crescono al posto di quelle che sono alla fine del loro ciclo vitale, il bilancio di questo processo è positivo e garantisce un sequestro continuo dall'atmosfera. Tuttavia, ciò non avviene sempre: può capitare per diversi motivi che una foresta si trasformi da "pozzo



di carbonio" a "sorgente". Ciò avviene ad esempio quando c'è un'elevata mortalità tra le piante, a causa ad esempio di incendi, tempeste, siccità o attacchi da parte di patogeni. Anche la gestione forestale può rappresentare un problema in questo senso, ad esempio quando viene prelevata più biomassa di quanta non ne cresca, o quando i prodotti ricavati hanno una vita utile molto breve.

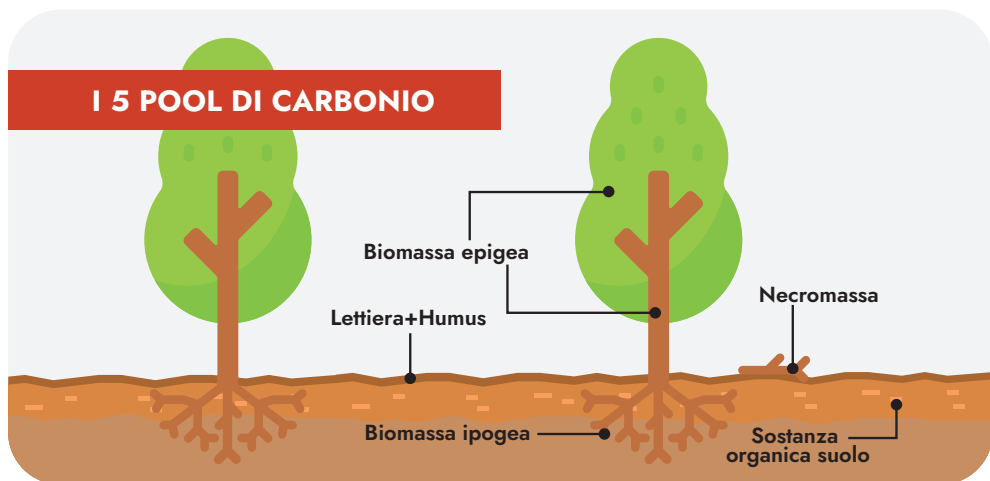
Il contenuto di carbonio nelle foreste si distribuisce in **5 pool principali**: biomassa epigea (tronchi e rami), biomassa ipogea (radici), legno morto, lettiera (le foglie rimaste a terra) e suolo. Il carbonio si muove tra questi pool e tende ad accumularsi nel pool del suolo sotto forma di aggregati stabili componenti l'humus.

La quantità di biomassa legnosa presente nelle foreste è collegata direttamente alla quantità di carbonio bloccata nei tessuti vegetali, mentre l'incremento annuale di biomassa è legato al cosiddetto sequestro, ossia la

quantità di carbonio che una foresta può sottrarre all'atmosfera ogni anno.

Lo studio dei volumi e degli incrementi delle foreste è campo dell'assestamento forestale, disciplina che ha come obiettivo quello di guidare una gestione razionale delle risorse forestali. I dati principali che vengono raccolti nelle foreste riguardano il volume degli alberi, stimato tramite le cosiddette equazioni allometriche (che stimano il volume a partire da altezza e diametro del tronco) e la crescita negli anni passati, stimata tramite l'analisi degli anelli di crescita, del loro spessore e di come variano nel tempo.

Oggi vengono adoperati anche numerosi modelli matematici, i quali simulano le dinamiche del carbonio assorbito dalle piante e la sua ripartizione nei diversi pool. Un esempio è il Carbon Budget Model del Canadian Forest Service, il quale simula i flussi di carbonio futuri tramite curve di crescita ricavate da dati assestamentali e dati relativi ai tagli e ai disturbi naturali.



PREVEDERE LE FORESTE

e il loro assorbimento futuro di carbonio

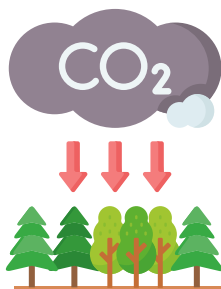
La previsione dello sviluppo delle foreste è strategica per diversi motivi. Le foreste forniscono servizi ecosistemici come l'assorbimento del carbonio e la regolazione del ciclo idrologico, supportano la biodiversità e forniscono materiali utili in diversi settori industriali.

Per prevedere lo sviluppo futuro delle foreste è necessario conoscere a fondo le dinamiche che determinano la crescita di un albero e le sue risposte all'ambiente circostante. Il cambiamento climatico fa sì che nel futuro le foreste cresceranno in modo diverso da come hanno fatto finora. Ecco perché per questo genere di

previsioni è necessario raccogliere dati di diverso tipo, come quelli relativi alla velocità di crescita, al fabbisogno idrico, alle temperature ottimali, alla capacità di dispersione dei semi.

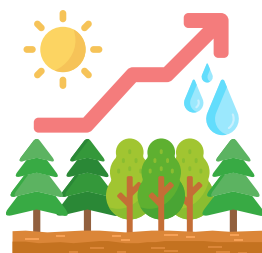
Attualmente le foreste, come tutti gli altri ecosistemi del pianeta, si trovano a far fronte alla sfida epocale dei cambiamenti climatici, che vedranno un'alterazione delle temperature e delle precipitazioni. Ciò comporterà delle variazioni nella capacità delle foreste di crescere, di rigenerarsi e di fornire servizi ecosistemici. La simulazione del loro stato di salute nel futuro deve tener conto quindi non solo delle dinamiche naturali a cui sono soggette ma anche delle situazioni di stress (idrico e termico) che verranno a generarsi a causa dei cambiamenti climatici.





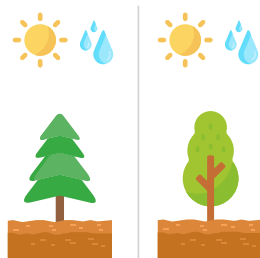
Carbon Budget Model del Canadian Forest Service

Il modello CBM è utile per prevedere i trend di carbonio stoccato nei diversi pool forestali in risposta a diversi interventi selvicolturali e disturbi naturali. Utilizza dati di velocità di crescita e dati relativi ai tagli, agli incendi, agli schianti e alla mortalità dovuta a patogeni.



Physiological Processes Predicting Growth

Il modello 3PG è un modello basato sui processi metabolici delle piante. Stima l'aumento di biomassa forestale in risposta alla quantità di luce assorbita dalle chiome, alla profondità del suolo, alla disponibilità idrica e altri parametri bioclimatici. È particolarmente utile per prevedere la risposta delle foreste ai cambiamenti climatici.



Tree and Climate Assessment

Il modello TACA fornisce un valore di probabilità di presenza delle diverse specie arboree in base alle condizioni climatiche e alle proprietà del substrato. Utilizzando dati relativi al clima, al suolo e ai fabbisogni delle piante verifica che le condizioni ambientali siano compatibili con la nicchia ecologica di una determinata specie.

CBM, 3PG e TACA sono modelli che utilizzano diversi approcci per prevedere lo sviluppo futuro delle foreste. Gli ecosistemi forestali sono sistemi complessi e la quantità di carbonio stoccato non è l'unica variabile utile a valutarne lo stato di salute. Per questo motivo spesso può essere importante utilizzare più di un modello per valutare anche la capacità di mantenere nel tempo un elevato livello di biodiversità in specie e funzionale.

MERCATI VOLONTARI DEL CARBONIO

Interventi selvicoltureali e crediti generabili

I mercati del carbonio sono un sistema per incentivare la riduzione delle emissioni

Il mercato dei crediti di carbonio è uno strumento economico-finanziario che punta a contenere le emissioni di gas climalteranti. Ne esistono di diversi tipi (volontari e non) e una delle esperienze più importanti in tal senso è quella dell'Emission Trading System dell'Unione Europea. Questo genere di mercato si basa sul fatto che venga fissato un limite massimo di emissioni ge-

nerabili e che questo limite diminuisca nel tempo.

Le diverse aziende e i diversi settori economici si trovano così a dover ridurre progressivamente le proprie emissioni: ciononostante alcune hanno maggiori possibilità di farlo e riescono a ridurre le proprie emissioni più degli obiettivi stabiliti. Questo genera un credito (corrispondente a una certa quantità di emissioni) che può essere venduto a chi invece non è riuscito a rispettare gli obiettivi di riduzione delle emissioni.

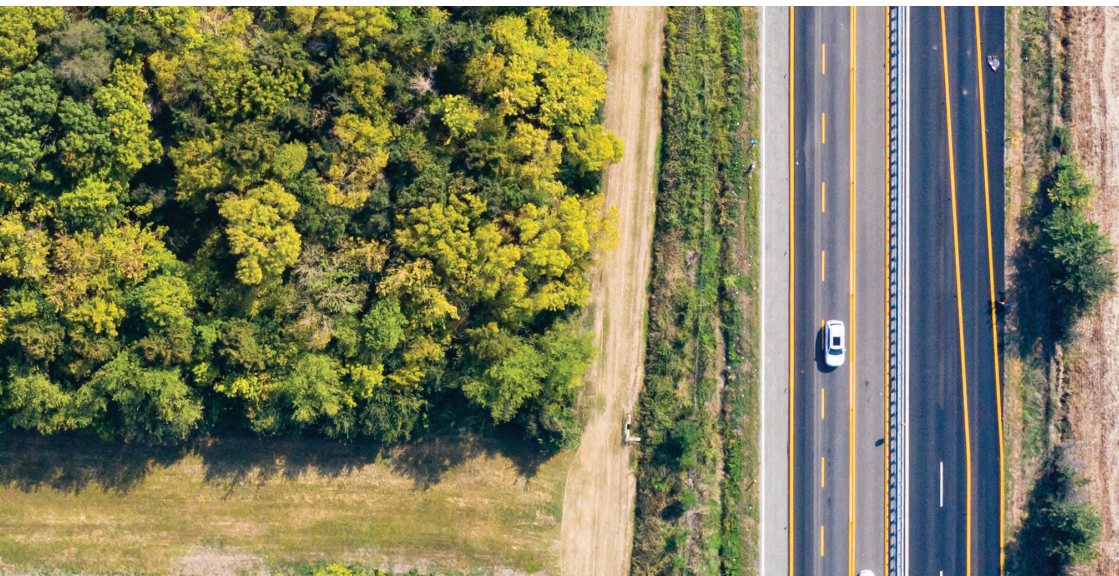


POTENZIALITÀ DEL SETTORE FORESTALE

nella generazione dei crediti di carbonio

Il settore forestale ha un ruolo particolare rispetto agli altri settori economici. Le foreste infatti assorbono CO₂ dall'atmosfera e possono quindi generare assorbimenti di carbonio, che in presenza di specifici requisiti possono essere trasformati in "crediti" vendibili ad aziende e privati in un mercato volontario del carbonio. Ecco che quindi altri settori economici possono comprare da operatori del settore forestale crediti utili a compensare le proprie emissioni. Un aspetto fondamentale, utile a rendere

questo meccanismo realmente efficace, è il principio di addizionalità: a generare crediti di carbonio non è la gestione forestale consueta. L'unico modo per ottenere crediti grazie a una foresta è di modificare la gestione per aumentare il carbonio stoccato. I crediti sono quindi proporzionali al carbonio assorbito in più: così facendo si stimola l'applicazione di pratiche forestali climaticamente intelligenti, che permettono alle foreste di aumentare il carbonio conservato al loro interno.



PRELIEVO DEL LEGNAME

Criteria di esclusione e piani di approvvigionamento

Non tutte le foreste presenti in un comprensorio forestale possono essere considerate allo stesso modo ai fini dell'approvvigionamento della risorsa legnosa. La valutazione delle reali potenzialità produttive di una foresta è condizionata da una serie di fattori che contribuiscono a rendere la risorsa legnosa realmente utilizzabile nel tempo. Tale obiettivo è raggiunto rispondendo ad alcune domande.

● Dove prelevare?

Per rispondere a questa domanda è necessario prendere in considerazione i seguenti aspetti: verificare se il bosco è servito da un'adeguata viabilità per poter portare via il legname tagliato in funzione del livello di meccanizzazione del cantiere forestale; verificare quale sia la proprietà forestale (pubblica e privata) e quindi la disponibilità reale al suo utilizzo; verificare la presenza di aree interessate da incendi boschivi, frane, dissesti, schianti, tagli recenti che ne compromettono l'utilizzo nel breve-medio periodo.

● Quanto prelevare?

Per rispondere a questa domanda è necessario prendere in considerazione i seguenti aspetti: verificare la funzione prevalente del popolamento forestale (produttiva, protezione diretta, biodiversità, turistico-ricreativa, paesaggio) poiché ogni funzione può influenzare modalità ed entità del prelievo; verificare le caratteristiche del bosco in termini di specie presenti (categoria e tipo forestale), struttura, stadio evolutivo, tasso di accrescimento annuo e volume legnoso presente (provvigione) poiché questi aspetti condizionano gli obiettivi dell'intervento di taglio ed il volume prelevabile (ripresa legnosa).

● Come prelevare?

Per rispondere a questa domanda è necessario prendere in considerazione i seguenti aspetti: verificare quali interventi selvicolturali sono applicabili nel rispetto degli obiettivi selvicolturali della gestione forestale sostenibile e nel rispetto del regolamento forestale regionale, che definisce quali interventi selvicolturali siano possibili e i limiti del prelievo legnoso.

● Quale destinazione produttiva?

Per rispondere a questa domanda è necessario prendere in considerazione i seguenti aspetti: verificare quali sono le potenzialità produttive del legname ottenuto dai tagli suddividendo tale volume nei diversi possibili prodotti legnosi (arredamento, costruzione, energia, carta e materiali derivati dalla cellulosa, altri impieghi) al fine di favorire il suo uso a cascata. Tale valutazione definisce inoltre l'economicità degli interventi di taglio pianificati.

FASI DEI PIANI DI APPROVVIGIONAMENTO



MECCANIZZAZIONE FORESTALE

produttività del lavoro e criteri di scelta tecnico-operativa

La meccanizzazione delle operazioni forestali è fondamentale per ottimizzare il prelievo della biomassa e utilizzarla successivamente come materiale da opera (edifici, manufatti in genere) o generare calore (energia termica) ed elettricità.

La sequenza temporale delle operazioni per il recupero (raccolta e trasporto) della biomassa varia in base al “metodo di lavoro”, che esprime la “forma” con cui la biomassa è prelevata dal bosco (TABELLA 1):

- 1. legno corto:** fusto e biomassa residuale (ramaglia e cimali), **per legna da ardere**, utilizzata per generare energia termica in dispositivi domestici a carico manuale; il legname è sramato, sezionato in bosco ed esboscato;
- 2. fusto intero:** solo fusto (**tondame**) destinato alle industrie di prima trasformazione (segherie). La pianta è sramata, esboscata e sezionata all'imposto (piazzale di lavorazione e accumulo a bordo strada camionabile o trattorabile);

3. pianta intera: fusto (per **tondame**) e biomassa residuale per **cippato**, utilizzato per finalità energetiche (calore, elettricità) in impianti centralizzati di elevata potenza; la pianta è esboscata appena dopo l'abbattimento, sramata e sezionata all'imposto.

Per ciascuna operazione, la TABELLA 2 mostra le **tipologie di macchine/attrezzature più diffusamente impiegate** nei contesti alpini italiani.

La scelta di una tipologia di macchina per lo svolgimento di una operazione influisce direttamente sulla sua **produttività** e, di conseguenza, sui costi economici associati. La produttività esprime la quantità di legname lavorato nell'**unità di tempo** ed è espressa in termini volumetrici (m^3/h) o massici (t/h di tal quale, TQ; t/h di sostanza secca, SS).

Le operazioni forestali sono di norma effettuate in sequenza, con intervalli temporali limitati (alcuni giorni); in talune situazioni, tuttavia, le fasi finali (cippatura, carico e trasporto) possono essere eseguite anche a distanza di mesi. In questi casi, l'umidità del legno all'abat-

Operazione	Metodo di lavoro		
	Legno corto	Fusto intero	Pianta intera
Abbattimento	prima	prima	prima
Sramatura	seconda	seconda	quarta
Sezionatura	terza	quinta	quinta
Concentramento	quarta	terza	seconda
Esbosco	quinta	quarta	terza
Cippatura	-	-	sesta
Carico e trasporto	sesta	sesta	settima

TABELLA 1 - Metodo di lavoro e sequenza temporale delle operazioni, con riferimento ai contesti alpini italiani.

Operazione	Metodo di lavoro		
	Legno corto	Fusto intero	Pianta intera
Abbattimento	Motosega	Motosega	Motosega
Sramatura		Motosega	Motosega; TR + processore
Sezionatura		Motosega; TR + processore	
Concentramento	TR + verricello; TR + carro; TR + pianale di carico; teleferica	TR + verricello; teleferica	TR + verricello; teleferica
Esbosco			
Cippatura	-	-	Cippatrice
Carico e trasporto	TR + carro; TR + pianale di carico	TR + carro, TR + pianale di carico; autocarro	TR + carro, TR + pianale di carico; autocarro

TABELLA 2 - Metodo di lavoro, operazioni e tipologie di macchine/attrezzature più impiegate nei contesti alpini italiani (Legenda: TR = trattore agricolo o forestale).

fimento ($U = 45-55\%$) può ridursi a causa dell'essiccazione naturale.

L'**abbattimento** prevede il taglio della pianta alla base del fusto ed è generalmente condotto con **motosega**, che ha ormai raggiunto elevati standard tecnici (motori con bassi consumi ed emissioni, rumorosità contenuta) ed ergonomici (blocco dell'acceleratore, paramani all'impugnatura anteriore e posteriore, dispositivi antivibranti, silenziatori di scarico, impugnature riscaldabili). Le motoseghe sono classificate in: leggere, medie e pesanti, in base a cilindrata (cm^3), potenza motore (kW) e massa (kg). La produttività del lavoro varia - a seconda di diametro delle piante, pendenza del terreno e distanza tra le piante - tra 1 e 3 m^3/h (0,5 - 1,5 t/h di sostanza secca, SS).

Applicando a un trattore agricolo o forestale (TR) una **testata sramatrice e se-**

zionatrice (il **processore**) è possibile eseguire le due operazioni contemporaneamente, con aumento della produttività; essa è particolarmente adatta su conifere a causa della loro ridotta ramosità. La produttività del lavoro è di 10 - 15 m^3/h (5 - 7,5 t/h SS), in funzione del diametro basale delle piante e della loro ramosità.

Le operazioni di **concentramento ed esbosco** sono necessarie per spostare la pianta abbattuta (o alcune sue parti) dal punto di abbattimento all'imposto, cioè la piazzola a bordo strada camionabile che consente - in condizioni di sicurezza - le manovre dei mezzi adibiti al carico-trasporto. La scelta della tipologia di macchina per tali operazioni dipende da diversi fattori: specie e modalità di gestione del bosco, condizioni di lavoro sito-specifiche (pendenza del terreno, lunghezza delle vie di esbosco, presenza di ostacoli) e organizzazione del soggetto forestale operatore (consorzio



forestale e impresa boschiva) in termini di disponibilità di macchine/attrezzature e qualifica del personale addetto. Tralasciando la descrizione del TR con carro/pianale di carico, è più interessante accennare all'impiego del **verricello** e della **teleferica**. Il verricello è una macchina portata dal TR (sollevatore + prese di potenza meccanica e idraulica) o, in taluni casi, solidale al telaio del TR stesso; tale macchina permette agli addetti di agganciare, tramite funi metalliche, uno o più fusti, eseguendone la successiva trazione verso l'imposto. La produttività del lavoro è fortemente dipendente dalle condizioni operative (distanza di concentramento/esbosco, massa legnosa spostata, velocità medie di trascinamento e percorrenza, presenza di ostacoli, ecc.) e, indicativamente, è pari a 2 - 6 m³/h (1 - 3 t/h SS).

La **teleferica** esegue l'esbosco per via aerea, svincolandosi dunque da molte

condizioni di lavoro sito-specifiche; la tipologia di teleferica più diffusa è quella bifune a gravità con traente aperta (nota anche come gru a cavo). Escludendo i tempi di montaggio e smontaggio della linea di esbosco, la produttività del lavoro varia tra 3 e 12 m³/h (1,5 - 6 t/h SS) ed è influenzata dai tempi di montaggio e smontaggio della linea, dal tempo di lavoro (aggancio, sollevamento, trasporto e scarico) e dalla capacità di carico della macchina. Il tempo di trasporto, a sua volta, dipende dalla distanza e dal senso di esbosco (indicativamente: 30-50 viaggi/giorno per esbosco in discesa e distanze fino a 600 m; 20-30 viaggi/giorno per esbosco in salita e distanze maggiori di 600 m).

In ultimo, il **trasporto** consiste nel prelievo del legname dall'imposto e nel suo conferimento all'utente finale. La scelta della tipologia di macchina dipende dalle caratteristiche delle strade forestali



(pendenza, larghezza della carreggiata, raggio di curvatura, carico massimo consentito) e dalla distanza da percorrere. Per distanze ridotte (10-15 km), l'operazione si attua, molto frequentemente, con TR accoppiato a semplice **carro agricolo o pianale di carico**, con produttività indicativamente pari a 5 - 12 m³/h (2,5 - 6 t/h SS) in funzione di: capacità di carico del mezzo, distanza e velocità di percorrenza. Per distanze maggiori di 15 km, la soluzione precedente non è più economicamente conveniente e, pertanto, si adottano mezzi autonomi e più capienti (**autocarri**).

In alcuni casi (esempio nel metodo di lavoro della pianta intera) il trasporto della biomassa residuale è preceduto dalla sua **sminuzzatura in scaglie** (lunghezza: 8-60 mm; spessore 5-15 mm), condotta con "**cippatrici**" (macchine accoppiate a TR o dotate di motore a combustione interna autonomo). La produttività dipende dal diametro della biomassa impiegata e risulta - per le cippatrici più piccole - di 10 - 20 m³/h di cippato (2 - 4 t/h SS); le prestazioni salgono a 180 - 200 m³/h di cippato (35-45 t/h SS) e oltre nei modelli dotati di motore autonomo.

In tutti i lavori agro-forestali è indispensabile che gli addetti siano adeguatamente **formati** ed equipaggiati con specifici **dispositivi di protezione individuale** (d.p.i.; quali, a esempio, casco e guanti, cuffie antirumore, scarpe anti-infortunistiche, pantaloni anti-taglio, ecc.) a garanzia di un lavoro sempre svolto in condizioni di **massima sicurezza**.





OPERAZIONI FORESTALI E MACCHINE IMPIEGATE

prestazioni economiche (costi)

Dalle prestazioni economiche (costi) delle macchine forestali dipende il costo finale della biomassa legnosa, il cui contenimento è fondamentale per promuovere l'uso di questa risorsa rinnovabile.

Il calcolo dei costi diventa indispensabile sia per gli operatori (consorzi forestali e imprese boschive) che devono redigere i bilanci aziendali, sia per i decisori pubblici (Enti Locali, Comunità Montane ecc.) per ottimizzazione l'impiego delle proprie risorse tecniche e umane e programmare efficaci interventi selvicolturali. Il costo orario (€/h) di una operazione forestale considera i Costi Fissi (CF; €/anno) e i Costi Variabili (CV; €/h): i primi (che comprendono: ammortamento, assicurazioni, tasse e spese di ricovero) sono indipendenti dal tempo di impiego (Ha; h/anno) della macchina utilizzata e, come tali, si evidenziano anche se la macchina non è impiegata.

I secondi, invece, sono proporzionali all'uso della macchina e includono: consumi di combustibile, lubrificanti e altri materiali, manutenzioni ordinarie, riparazioni e risorse umane addette. Nel frequente caso di operazioni condotte **accoppiando TR e operatrice, CF e CV vanno calcolati separatamente** per entrambe le macchine, sulla base della **durata fisica** (numero massimo di ore per cui la macchina può svolgere il lavoro per cui è stata progettata) e della **obsolescenza tecnica** (numero di anni oltre cui è conveniente sostituire la macchina con un altro modello, indipendentemente dalle sue correnti condizioni di usura, in quanto tecnicamente obsoleta) e tenuto presente che - per i CF del TR - l'impiego annuo da considerare è quello totale.

In TABELLA 3 si riportano valori indicativi del costo orario delle operazioni precedentemente indicate in TABELLA 2.

Operazione	Tipologia macchina e attrezzatura	Costo orario (€/h)
Abbattimento	Motosega	18-20
Sramatura	Motosega	18-20
Sezionatura	TR + processore	35-85
Concentramento	TR + verricello	45-50
	TR + carro	40-50
Esbosco	TR + pianale di carico	40-50
	teleferica	40-80
Cippatura	Cippatrice	100-200
Carico e trasporto	TR + carro	40-50
	TR + pianale di carico	40-50
	autocarro	60-75

TABELLA 3 - Costo orario delle operazioni forestali.



USO A CASCATA DEL LEGNO

ed effetti di sostituzione

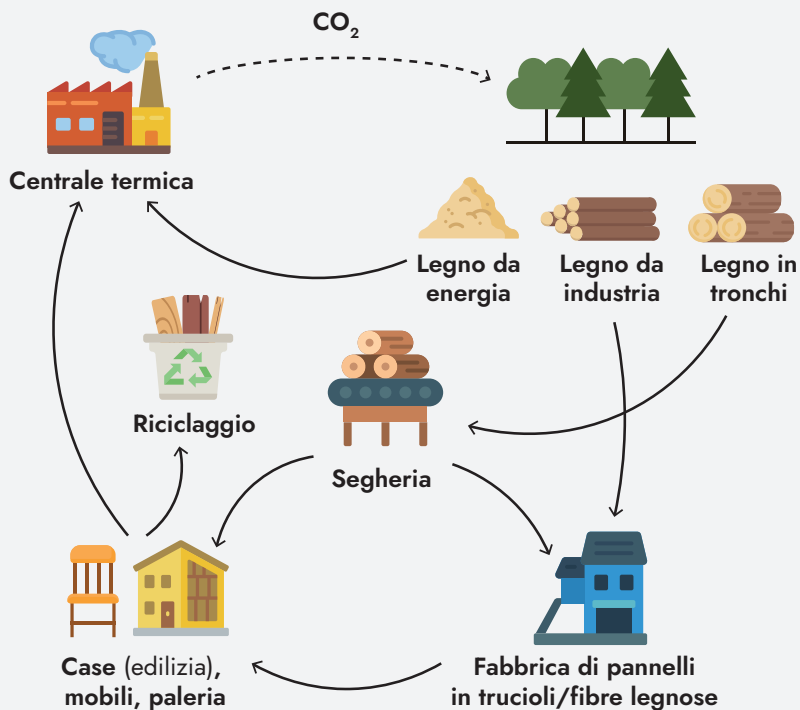
L'uso a cascata del legno consente di perseguire importanti vantaggi sia economici, sia ambientali e rappresenta una strategia efficace per mitigare il cambiamento climatico.

Il concetto dell'impiego "a cascata" prevede l'impiego del legno in più fasi, dando priorità all'impiego come materia prima o materiale da costruzione. Il legno è destinato alla produzione di energia solo quando si rivelerà inadatto a qualsiasi tipo di utilizzo strutturale. Ne consegue che la riserva di carbonio offerta dal bosco e preservata dai prodotti in legno (pari a circa 1,7 tonnellate di CO₂ per ogni tonnellata di legno) rimane disponibile il più a lungo possibile. Quando il legno diventa inservibile come materiale di costruzione, può essere destinato ad altri impieghi, ad esempio una vecchia capriata può trasformarsi in mobili. Ma oltre agli aspetti ambientali, ci sono diversi vantaggi anche dal punto di vista economico, perché in ogni fase di lavorazione aumenta il valore del materiale. L'Italia ha raggiunto un livello record su scala europea nel riciclaggio di prodotti

legnosi a fine ciclo, tanto da diventare esportatrice netta di questi prodotti.

L'IPCC, organismo dell'ONU che si occupa di cambiamenti climatici, ha diffuso diversi metodi per contabilizzare il carbonio conservato nei prodotti legnosi. La quantificazione di questo carbonio permette di valorizzare i prodotti legnosi e la loro produzione: ciò è particolarmente interessante sia per i paesi che producono maggiori quantità di legname, sia per quelli che utilizzano i prodotti legnosi in diversi settori produttivi (manifattura, edilizia, ecc). Oltre al carbonio contenuto nel legno, bisogna considerare anche quello che non viene emesso sostituendolo a materiali come il cemento o l'acciaio: questi ultimi infatti generano molta più CO₂. La quantità di emissioni evitate è definita **effetto di sostituzione**: i **fattori di sostituzione** rappresentano la quota di emissioni evitate per unità di peso di un determinato prodotto.

USO A CASCATA



Economia circolare e uso a cascata

L'utilizzo a cascata del legno è un principio strettamente collegato all'economia circolare: comporta ottimizzazione delle risorse, diminuzione della quantità di rifiuti e dell'impatto ambientale.

GLOSSARIO

Assortimento legnoso: prodotto con specifiche caratteristiche dimensionali e qualitative che lo rendono idoneo alla commercializzazione e/o impiego per determinati usi.

Bosco o foresta (definizione ai fini della normativa nazionale): terreni coperti da vegetazione forestale arborea di origine naturale o artificiale, in qualsiasi stadio di sviluppo, con estensione non inferiore a 2.000 m², larghezza media non inferiore a 20 m, copertura forestale non inferiore al 20%.

Consorzio forestale: associazione volontaria e temporanea di almeno cinque soci (proprietari di boschi, enti forestali, imprese boschive o agricole, imprese di lavorazione o trasformazione del legno o dei prodotti d'alpeggio, persone fisiche o giuridiche che svolgono lavori attinenti alle attività del consorzio forestale) finalizzato alla gestione diretta del patrimonio silvo-pastorale conferito, la valorizzazione delle risorse forestali e la difesa dal dissesto idrogeologico.

Cure colturali: operazioni selvicolturali rivolte al miglioramento futuro della composizione, struttura, resilienza e funzione del bosco.

Deforestazione o disboscamento: eliminazione definitiva del bosco in un diverso uso del suolo (agricolo, urbano o altro).

Diradamento: tipo di cura colturale che consiste nel taglio di alberi attentamente selezionati con lo scopo di favorire la crescita e la stabilità di quelli che rimangono nel bosco.

Disturbi naturali: cambiamenti improvvisi nella massa, composizione e struttura di un ecosistema, causati da eventi atmosferici o dall'influenza di altri organismi.

Dottore forestale: Laureato in una disciplina della classe di laurea in scienze forestali con la competenza, tra le altre, di redigere i piani di gestione forestale.

Effetto di sostituzione: emissioni climalteranti evitate grazie all'utilizzo di materiali o

combustibili a basso o nullo tasso di emissioni.

Emissioni climalteranti: immissione di gas a effetto serra (CO₂, CH₄, N₂O) nell'atmosfera da parte delle attività umane o di fenomeni naturali.

Equazioni allometriche: permettono di stimare il volume o la massa di un albero a partire da dati dendrometrici come l'altezza e il diametro del tronco. Dato che diverse specie hanno forme diverse, ogni specie dispone di diverse equazioni allometriche con coefficienti specifici ricavati da un elevato numero di alberi campione utilizzati per comprendere le relazioni matematiche che intercorrono tra altezza, diametro del tronco e volume totale dell'albero.

Filiera: insieme articolato (anche detto "rete" o "sistema") che comprende le principali attività (e i loro principali flussi materiali e informativi), le tecnologie, le risorse e le organizzazioni che concorrono alla produzione, trasformazione, distribuzione, commercializzazione e fornitura di un prodotto finito.

Filiera corta: filiera produttiva caratterizzata da un numero limitato e circoscritto di passaggi produttivi (biomasse prodotte entro un raggio di 70 km dall'impianto/centro di trasformazione) e operatori economici che si impegnano a promuovere la cooperazione, lo sviluppo economico locale e stretti rapporti socio-territoriali tra produttori e consumatori.

Funzione di protezione diretta: è quella che la foresta svolge nei confronti dei pericoli naturali (valanghe, caduta massi, scivolamenti superficiali e lave torrentizie), mitigando l'effetto, in presenza dell'uomo (insediamenti, attività economiche e vie di comunicazione).

Funzione di protezione generica o indiretta: è quella che la foresta svolge nei

confronti della conservazione del suolo dall'erosione diffusa o incanalata. Questa è svolta da tutti i popolamenti forestali, ma è più o meno importante in funzione di giacitura, pendenza, morfologia e condizioni geopedologiche.

Gestione forestale sostenibile: gestione e uso delle foreste nelle forme e a un tasso di utilizzo che consentano di mantenerne biodiversità, produttività, capacità di rinnovazione, vitalità e potenzialità di adempiere, ora e in futuro, a rilevanti funzioni ecologiche, economiche e sociali a livello locale, nazionale e globale, senza comportare danni ad altri ecosistemi.

Impresa boschiva: soggetto che effettua attività nel settore della prima trasformazione e commercializzazione dei prodotti legnosi, tra cui interventi diradamento e utilizzazione boschiva su terreni sia pubblici sia privati, difesa fitosanitaria, prevenzione degli incendi boschivi, rimboschimenti e imboschimenti, realizzazione, adeguamento e manutenzione della viabilità forestale al servizio delle attività agro-silvo-pastorali, anche mediante sistemazione idraulico-forestali con tecniche di ingegneria naturalistica.

Particella forestale: unità territoriale di base di un Piano di Assestamento Forestale con superficie media di 10-20 ha.

Provvigione: volume totale epigeo (cioè escluse le radici) degli alberi in piedi in un bosco.

Regolamento forestale regionale: norme di competenza regionale che definiscono obblighi, divieti, i limiti minimi e massimi alle utilizzazioni forestali della regione in cui si applica.

Resilienza: capacità di reazione, auto-riparazione e rinnovamento di una foresta dopo un evento di disturbo naturale o antropico (incendio, vento, taglio, ecc).

Rinnovazione naturale: processo spontaneo di ricostituzione del soprassuolo forestale attraverso lo sviluppo di alberi nati da seme (fustaia) oppure sviluppatisi per via ve-

getativa grazie alle gemme (ceduo).

Ripresa: quantità di legname, espressa in volume, in massa o in corrispondente superficie boscata, che può essere tagliata nell'ambito di lotto forestale.

Selvicoltura: scienza che studia l'impianto, la coltivazione e l'utilizzazione dei boschi, con l'obiettivo di soddisfare le esigenze economiche e sociali della società, nel rispetto delle caratteristiche ecologiche degli ecosistemi forestali, cioè assecondando le condizioni e le modalità in cui le foreste vivono e si sviluppano.

Sequestro di carbonio: sottrazione di CO₂ dall'atmosfera a lungo termine da parte degli organismi fotosintetici o di tecnologie ancora in fase di sperimentazione.

Servizi ecosistemici: benefici che la popolazione umana ottiene dagli ecosistemi, intesi come capitale naturale che produce un flusso di servizi vitali per il benessere e, in molti casi, per la sopravvivenza della società umana.

Sistema informativo geografico: sistema informativo computerizzato che permette l'acquisizione, registrazione, analisi, visualizzazione, restituzione, condivisione e presentazione di informazioni derivanti da dati geografici (geo-riferiti), in grado cioè di associare a ciascun dato analizzato la sua posizione geografica sulla superficie terrestre.

Strada forestale: via permanente costituita da un percorso a fondo naturale o artificiale impiegata prevalentemente per il trasporto di macchine e attrezzature e legname.

Via di esbosco: percorso appositamente attrezzato (pista trattorabile, risina, linea di avvallamento, linea di gru a cavo) lungo il quale il legname viene esboscato dal punto di abbattimento fino all'imposto.

Viabilità forestale: insieme delle vie forestali; si suddivide in "rete principale" (strade forestali), e "rete secondaria" (vie di esbosco).



Regione
Lombardia



Il Progetto “USEFOL – Approcci innovativi per la valutazione della fornitura di servizi ecosistemici in foreste lombarde” è finanziato dalla Regione Lombardia (Progetti di ricerca in campo agricolo e forestale – BANDO 2018)

COORDINATORE

Dipartimento di Scienze Agrarie Forestali e Alimetari (DISAFA)



UNIVERSITÀ
DI TORINO



Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio e Agroenergia (DISAA)



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO



fiper

FEDERAZIONE ITALIANA PRODUTTORI
DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI



Associazione Consorzi
Forestali della Lombardia

Per maggiori informazioni visita il sito www.usefol.it



Progetto grafico Compagnia delle Foreste Srl - Arezzo

Stampato da Fitolito Graphicolor S.n.c. a Ottobre 2022