

Valutazione dei servizi ecosistemici  
del Bosco della Biodiversità (Bologna)  
Associazione Phoresta Onlus





Associazione Phoresta Onlus, via Torino, 15 – 20123 Milano  
C.F. 97629540150  
[info@phoresta.org](mailto:info@phoresta.org)  
[www.phoresta.org](http://www.phoresta.org)

Studio realizzato dai dottori in scienze forestali jr. Leonardo Mazzocchi e Titomanlio Pepe, e dal dottore forestale Fabio Scarfò, quale attività di volontariato per l'Associazione Phoresta Onlus.

Gli autori ringraziano il dott. Carlo Manicardi, Presidente di Phoresta Onlus, e il dott. agr. Guido Barbieri del Comitato Direttivo di Phoresta Onlus, per aver supportato e reso possibile questa attività.

Riproduzione permessa citando la fonte.

In copertina, visuale del Bosco della Biodiversità, foto di L. Mazzocchi (2020).

Per la citazione si suggerisce:

Mazzocchi L., Pepe T., Scarfò F. 2021 - Valutazione dei servizi ecosistemici del Bosco della Biodiversità (Bologna). Associazione Phoresta Onlus.

## Sommario

1. Premessa.....	3
2. Inquadramento ambientale e territoriale .....	5
2.1. Scheda sintetica di inquadramento generale .....	5
2.2. Clima.....	6
2.3. Geologia e pedologia .....	8
2.4. Vegetazione potenziale e reale .....	12
3. Descrizione del bosco .....	16
4. Servizi ecosistemici.....	19
4.1 Tutela idrogeologica.....	19
4.2 Contributo al ciclo del carbonio .....	22
4.3. Riduzione dell'inquinamento atmosferico .....	23
4.4. Conservazione della biodiversità .....	24
4.5. Attività del tempo libero .....	25
4.6. Valore economico dei servizi ecosistemici .....	25
5. Bibliografia .....	28

# 1. Premessa

Le foreste hanno sempre fornito all'uomo una pluralità di servizi, non limitati al semplice prelievo di legname. Oltre duemila anni fa, i Romani riconoscevano l'importanza di conservare i boschi situati attorno alle sorgenti, per avere acqua di migliore qualità e minori variazioni stagionali di portata.

Tuttavia, nella storia (e purtroppo ancor oggi), lo sfruttamento delle foreste non è sempre stato effettuato con la stessa attenzione alle diverse componenti ambientali e alle diverse funzionalità.

In Europa il concetto di multifunzionalità forestale è stato coniato nel 1953 in Germania grazie alla "Teoria delle funzioni forestali" elaborata da Viktor Dieterich dell'Università di Monaco di Baviera. In questa teoria, il concetto di uso multiplo è stato sviluppato e ampliato, riconoscendo alle funzioni un'importanza intrinseca (la vitalità e la salute dell'ecosistema) indipendentemente dall'utilità che esse svolgono per l'uomo (Di Salvatore *et al.*, 2013).

La necessità di un utilizzo sostenibile delle foreste, invece, viene teorizzata nella Germania del XVIII secolo, con la nascita della gestione forestale, chiamata "assestamento forestale": lo scopo dell'assestamento forestale classico è ottenere una produzione annua, massima e costante. Il termine "costante" significa che la foresta ogni anno deve garantire la stessa produzione, e sottintende quindi che questa produzione deve essere perpetua, anticipando quindi il concetto di uso sostenibile delle risorse naturali introdotto dal Rapporto Brundtland solo nel 1987.

I concetti di multifunzionalità e sostenibilità per le foreste vengono poi sintetizzati dalla Conferenza Ministeriale per la Protezione delle Foreste in Europa nel 1993, con la definizione di Gestione Forestale Sostenibile: «la gestione e l'uso delle foreste e dei terreni forestali nelle forme e ad un tasso di utilizzo che consentano di mantenerne la biodiversità, produttività, capacità di rinnovamento, vitalità e potenzialità di adempiere, ora e nel futuro, a rilevanti funzioni ecologiche, economiche e sociali a livello locale, nazionale e globale, senza comportare danni ad altri ecosistemi».

A partire dai primi anni 2000, l'attenzione si è focalizzata proprio sull'insieme dei "benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano", ossia i "servizi ecosistemici", con lo sforzo di valutare le conseguenze dei cambiamenti ambientali sul benessere umano e stabilire le basi scientifiche per le azioni necessarie a garantire la conservazione e l'uso sostenibile degli ecosistemi (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Ne deriva anche la necessità di una quantificazione monetaria dei servizi ecosistemici, anche per stimare il valore economico della loro perdita a lungo termine, esempio a causa dell'inquinamento o del sovrasfruttamento.

Tuttavia, se la valutazione fisica ed economica di alcuni servizi ecosistemici (es. legname prodotto da una foresta, pesce pescato in un bacino, ecc.) è relativamente semplice, altri servizi risultano molto complessi da valutare, come la conservazione della biodiversità, i valori culturali, o molti servizi che hanno un impatto sulla salute dei cittadini.

La ricerca sui metodi di valutazione dei servizi ecosistemici è tuttora in corso, anche con importanti finanziamenti pubblici (es. progetto LIFE+ Making Good Nature, cui si rinvia per approfondimenti sulla tematica: [www.lifemgn-serviziecosistemici.eu](http://www.lifemgn-serviziecosistemici.eu)).

Nella valutazione dei servizi ecosistemici del Bosco della Biodiversità dell'Associazione Phoresta Onlus, si è fatto ricorso ai metodi attualmente disponibili, ricorrendo sia agli strumenti della selvicoltura e dell'estimo agrario e ambientale, sia al programma *open source* I-Tree, sviluppato dallo U.S. Forest Service - Northern Research Station, che fornisce una quantificazione e valutazione monetaria dei servizi ecosistemici legati alla riduzione di inquinanti, produzione di ossigeno, assorbimento di carbonio e riduzione del deflusso idrico superficiale dovuto alle piogge.

Il programma I-Tree effettua il calcolo a partire dalla singola pianta, i dati delle aree campionate sono quindi stati estesi all'intera superficie di pertinenza. Sebbene non vengano forniti in maniera esplicita i processi di calcolo del programma, i cui risultati non possono essere quindi certificati, si ritiene utile il ricorso a questo metodo che risulta facilmente accessibile, ripetibile e che permette di fare confronti fra diversi siti o in tempi diversi, o analizzare scenari differenti.

La valutazione si è incentrata sulle superfici boscate dell'area, anche perché i rilievi in campo sono stati limitati dalle restrizioni dovute all'emergenza sanitaria Covid-19; si ritiene tuttavia che i risultati siano adeguati a fornire un inquadramento generale dei servizi ecosistemici del Bosco della Biodiversità.

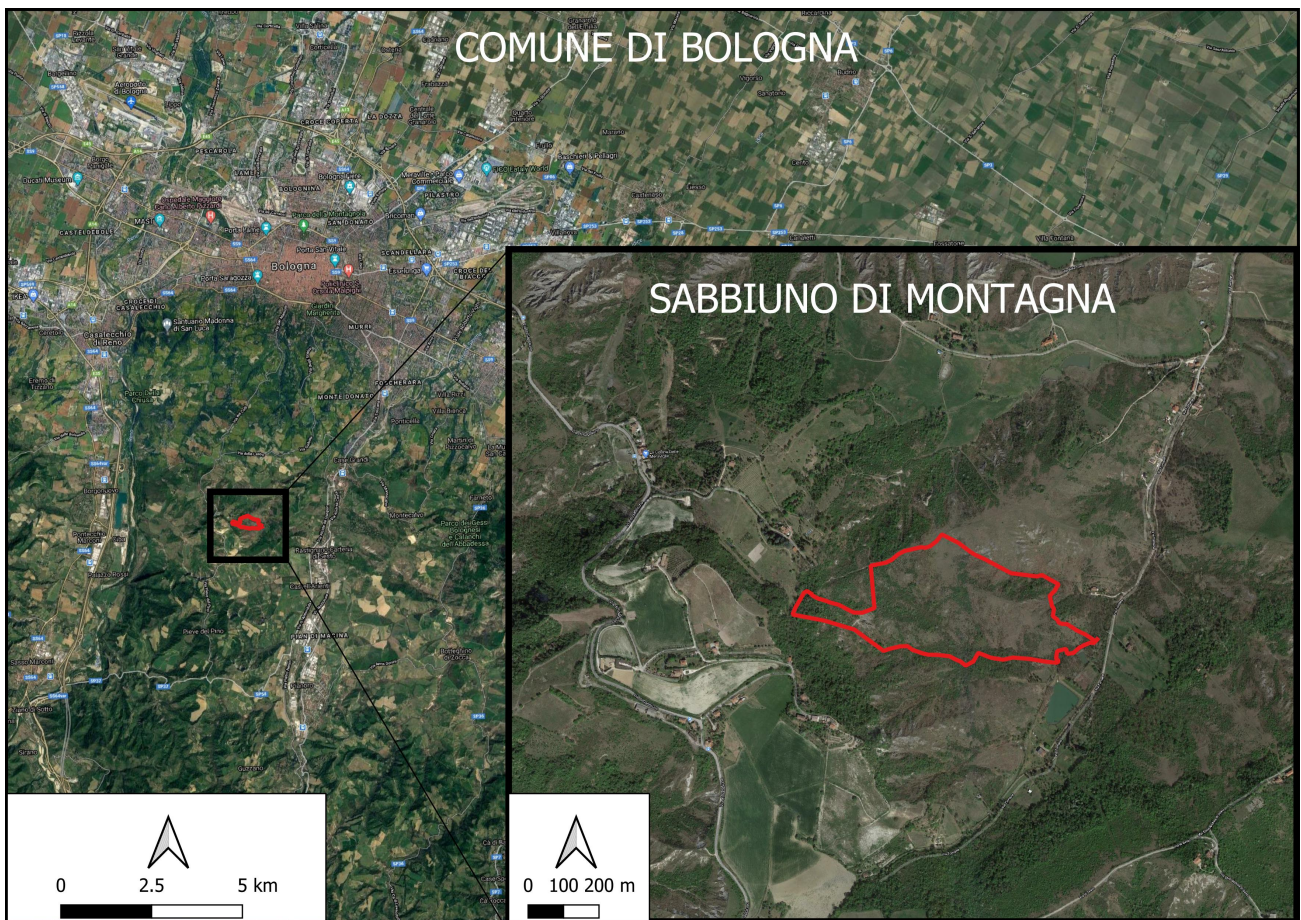


Figura 1. Bosco della Biodiversità, Associazione Phoresta Onlus. Inquadramento da satellite (immagini Google – Elaborazione T. Pepe).

## 2. Inquadramento ambientale e territoriale

### 2.1. Scheda sintetica di inquadramento generale

Regione: Emilia-Romagna

Comune: Bologna

Località: Sabbiuino

Altitudine: 150-330 m

Clima: temperato

Geomorfologia: collinare con presenza di calanchi

Geologia: Argille varicolori della Val Samoggia, Marne di Antognola

Idrologia: presenza di un compluvio che confluisce nel Rio Torriane, bacino del Fiume Reno

Pendenza media: 20%

Esposizione prevalente: Sud Est

Superficie: 15,94 ha

Uso del suolo:

- prato stabile: 8,34 ha
- rimboscimento: 0,40 ha
- cespuglieto: 5,10 ha
- bosco: 1,80 ha
- aree improduttive (calanchi): 0,30 ha

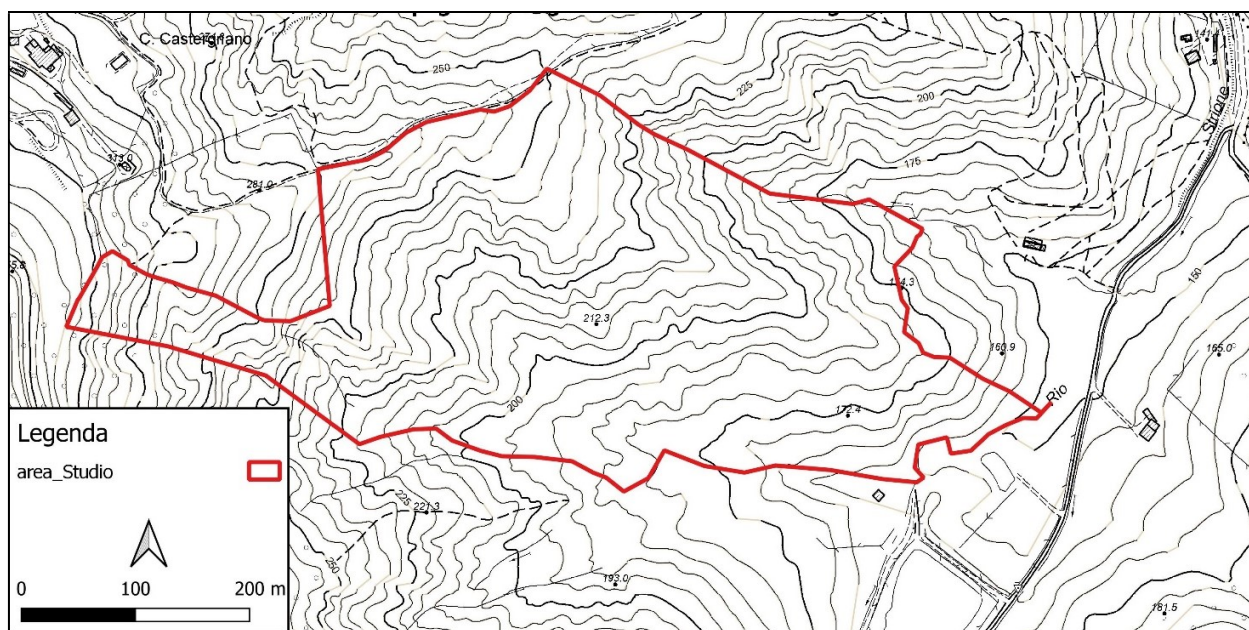


Figura 2. Inquadramento dell'area su Carta Tecnica Regionale (Regione Emilia-Romagna, 2020 - Elaborazione T. Pepe).

## 2.2. Clima

Il clima del territorio bolognese ricade nella zona temperata; inoltre la localizzazione tra Appennino e Adriatico, al margine centro-meridionale della Pianura Padana, fa risentire delle caratteristiche climatiche di questa grande valle ed espone l'area ai venti freddi di nord-est; infine il crinale appenninico, diretto da NO a SE, e la successione dei contrafforti e delle valli, orientati da SO a NE, influenzano l'andamento dei venti (Regione Emilia-Romagna 2018).

Il Mare Adriatico, chiuso e poco profondo, pur distando appena una trentina di chilometri dall'estremità orientale della provincia, pare non esercitare alcuna reale azione mitigatrice sulle temperature estreme.

La barriera alpina, se a occidente attenua l'afflusso di masse d'aria di origine atlantica, a oriente non ostacola lo spostamento verso SO dell'aria continentale di origine danubiana. La barriera appenninica per contro impedisce l'influsso mitigatore del Mar Tirreno.

L'area di studio si colloca in una posizione collinare, con un clima intermedio tra quello appenninico e quello padano (Tabella 1). Con l'aumento della quota di norma si ha una graduale diminuzione della temperatura media ed un aumento delle precipitazioni. Per il fenomeno dell'inversione termica nella pianura, in inverno si tende però ad avere condizioni più miti in collina che nell'area sottostante (Regione Emilia-Romagna, 2018).

Tabella 1. Elementi climatici caratteristici della fascia collinare in provincia di Bologna (Regione Emilia-Romagna 2018).

<b>Temperatura media annua °C</b>	12-13
<b>Pioggia (mm)</b>	900-1200
<b>Giorni piovosi</b>	70-100
<b>Neve (cm)</b>	50-90
<b>Giorni nevosi</b>	7-10
<b>Durata manto nevoso (gg)</b>	25-30

I dati relativi alla stazione termopluviometrica di Rastignano (BO), a pochi chilometri dall'area di studio, forniscono indicazione leggermente diverse rispetto alla media provinciale. Il trend annuale delle temperature raggiunge i valori massimi a luglio (24,15 °C) ed i minimi a inizio gennaio (3,35 °C), la media annua è di 13,77 °C (Tabella 2; Figura 3). L'andamento delle temperature medie annuali dal 1961 al 2018 segue il *trend* mondiale di aumento, evidenziando anche le maggiori oscillazioni e la maggiore presenza di annate calde (Figura 4).

L'andamento pluviometrico presenta un picco relativo nel mese di aprile ed uno assoluto nel mese di novembre, ovvero la maggior parte delle precipitazioni si verificano in primavera ed in tardo autunno. Nel mese di luglio si verifica una leggera aridità estiva, caratteristica che diviene molto più marcata nella regione mediterranea.

Tabella 2. Temperature medie mensili e precipitazioni nel periodo 1961-2018, stazione di misura di, Rastignano (BO), 185,5 m s.l.m. (fonte dati: Antolini et al., 2015).

	G	F	M	AP	M	G	L	A	S	O	N	D
T med	3,35	5,12	9,16	13,01	17,56	21,54	24,15	23,87	19,72	14,53	8,55	4,65
P med	49,54	59,60	69,59	75,44	69,32	61,66	41,85	51,73	71,80	85,86	96,08	67,47

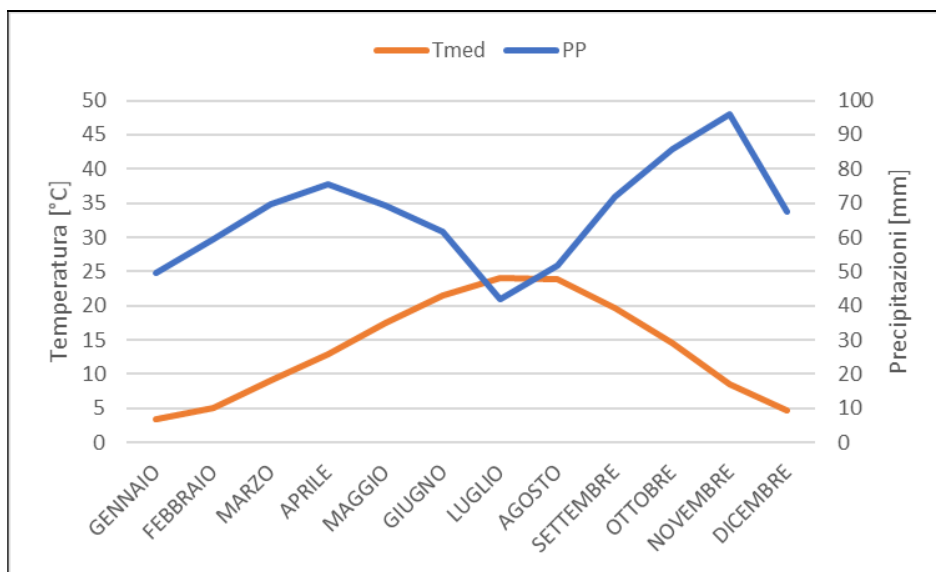


Figura 3: Termopluriogramma di Rastignano (BO), 185,5 m s.l.m.; temperatura media annua: 13,77; precipitazioni medie annue: 800 mm; periodo 1961-2018 (elaborazione su dati tratti da Antolini et al., 2015).

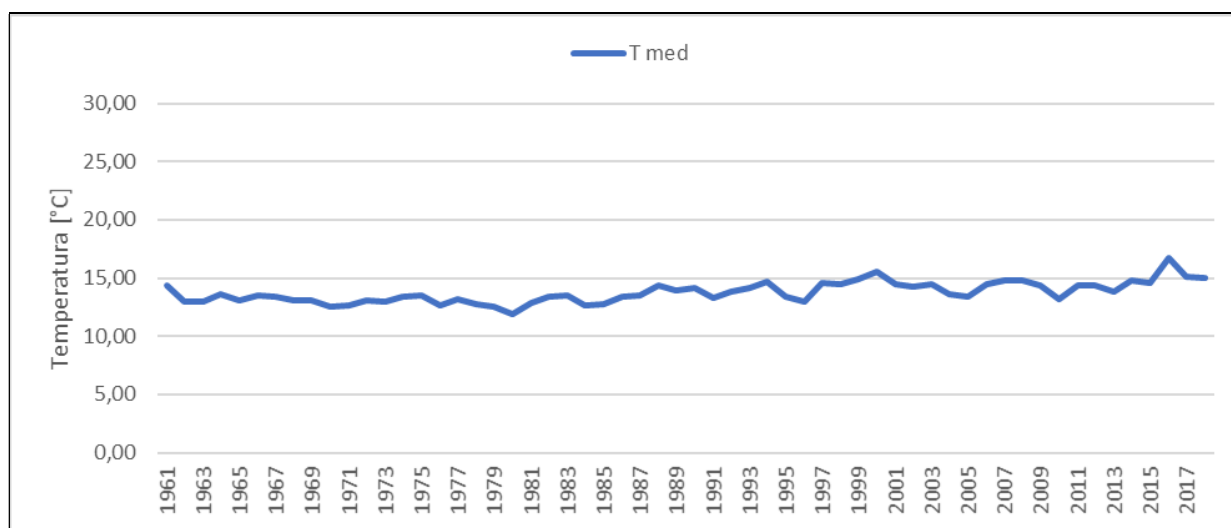


Figura 4. Andamento delle temperature medie annuali; stazione termopluriometrica di Rastignano (BO), 185,5 m s.l.m. (elaborazione su dati tratti da Antolini et al., 2015).

A livello locale, l'esposizione calda dei versanti e i suoli argillosi e poco profondi, limitano lo sviluppo della vegetazione, favorendo specie vegetali in grado di resistere allo stress idrico estivo che, di fatto, risulta più marcato di quanto non appaia dai dati termopluriometrici. La vegetazione dell'area comprende pertanto specie comuni alla fascia mediterranea (cfr. § 2.4. Vegetazione potenziale e reale), che svolgono un importante ruolo di indicatori puntuali delle reali caratteristiche microclimatiche.



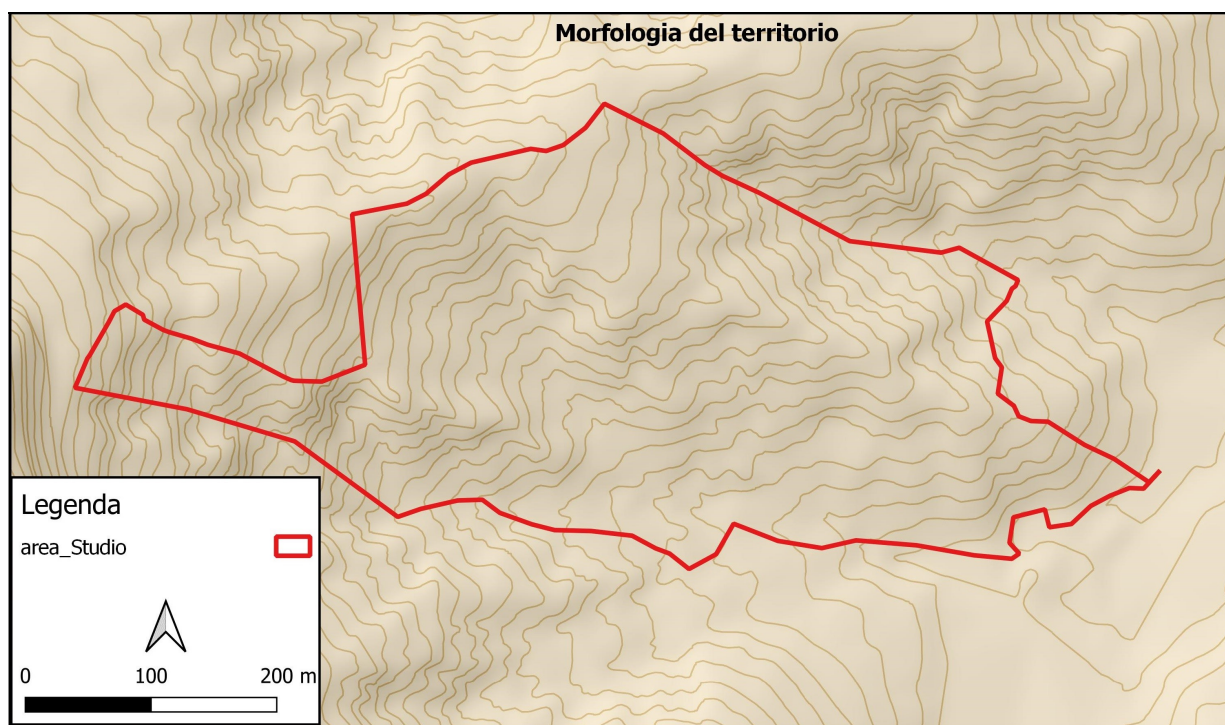


Figura 5. Morfologia dell'area. Elaborazione a cura di T. Pepe su base cartografica digitale della Regione Emilia-Romagna (2019, 2020a).

### 2.3. Geologia e pedologia

Nell'area di studio il grado evolutivo e la conformazione attuale dei suoli è il risultato della combinazione di diversi fattori pedogenetici: ovvero l'insieme delle azioni di tipo climatico, biotico e abiotico, che influenzano le caratteristiche strutturali, chimiche e fisiche di un suolo.

Di primaria importanza risulta essere il fattore roccia madre: il primo stadio della pedogenesi infatti consiste nell'alterazione e disgregazione del materiale originario, sul quale vanno poi ad agire tutti gli altri fattori. È evidente come la natura del substrato roccioso influenzi notevolmente le caratteristiche finali di un suolo. Risulta dunque necessario fare un inquadramento preliminare del substrato geologico dell'area di studio.

L'area in esame è ubicata nella parte sud-orientale dell'Appennino Emiliano e ai margini meridionali del comune di Bologna. Dal punto di vista geologico è caratterizzata da un complesso di rocce sedimentarie di origine prevalentemente marina, quali argilliti, arenarie, marne e calcari. La genesi dei litotipi è da ricercarsi nel periodo del Cretaceo inferiore e superiore, appartenenti alla successione sedimentaria che ricopriva il basamento ofiolitico (rocce ignee basiche e ultrabasiche tipiche della crosta oceanica) del paleo-oceano Ligure. L'esteso corpo geologico derivante dalla deposizione dei sedimenti in questo oceano prende il nome di dominio Ligure. In seguito, complesse attività tettoniche hanno modificato profondamente la struttura iniziale, fino ad arrivare alla formazione degli appennini e alla sovrapposizione del dominio Ligure sul dominio Umbro-Toscano. Ciò ha portato alla conseguente distruzione dell'originario ordine stratigrafico e conferito a questi depositi un aspetto caotico, rendendo complesso il riconoscimento dei diversi strati litologici. Infatti, questo tipo di terreni fino agli anni '80 veniva indicato genericamente come "complesso caotico" o "complesso indifferenziato". Solo negli ultimi anni rilevamenti di dettaglio e numerose analisi biostratigrafiche hanno permesso di riconoscere anche in questi terreni, unità litostratigrafiche di vario rango.

Il substrato litologico dell'area di studio (Figura 6) è costituito prevalentemente dall'unità Samoggia ed in particolare dalla sottocategoria AVS (Argille varicolori della Val Samoggia): si tratta di una zona

composta da “prevalenti argilliti, talora siltose, grigio scure e nere con bande di argilliti rosse e verdescuro, con sottili intercalazioni di arenarie e siltiti brune, talora alterate o spalmate di ossidi di manganese e marne verdi e grigie in blocchi. Frequente la presenza di calcilutiti silicee grigio-chiaro o biancastre, in strati da sottili a spessi. Sono inoltre presenti strati medi di marne biancastre. Evidenze di trasposizione pressoché totale, foliazione e layering tettonico alla scala metrica con boundins di areniti e calcilutiti” (ISPRA, 2009).

Una piccola porzione della parte occidentale dell’area è invece costituita dalla Formazione di Antognola (ANT): marne composte da “prevalenti torbiditi arenaceo-pelitiche. Le arenarie sono quarzoso-feldspatiche, generalmente poco cementate, gradate con grana da grossolana a fine, di colore grigio chiaro alterate in giallastro, alternate con argille siltose grigie o grigio scuro. Gli strati variano da sottili a spessi, raramente banchi; talvolta si presentano amalgamati” (ISPRA, 2009).

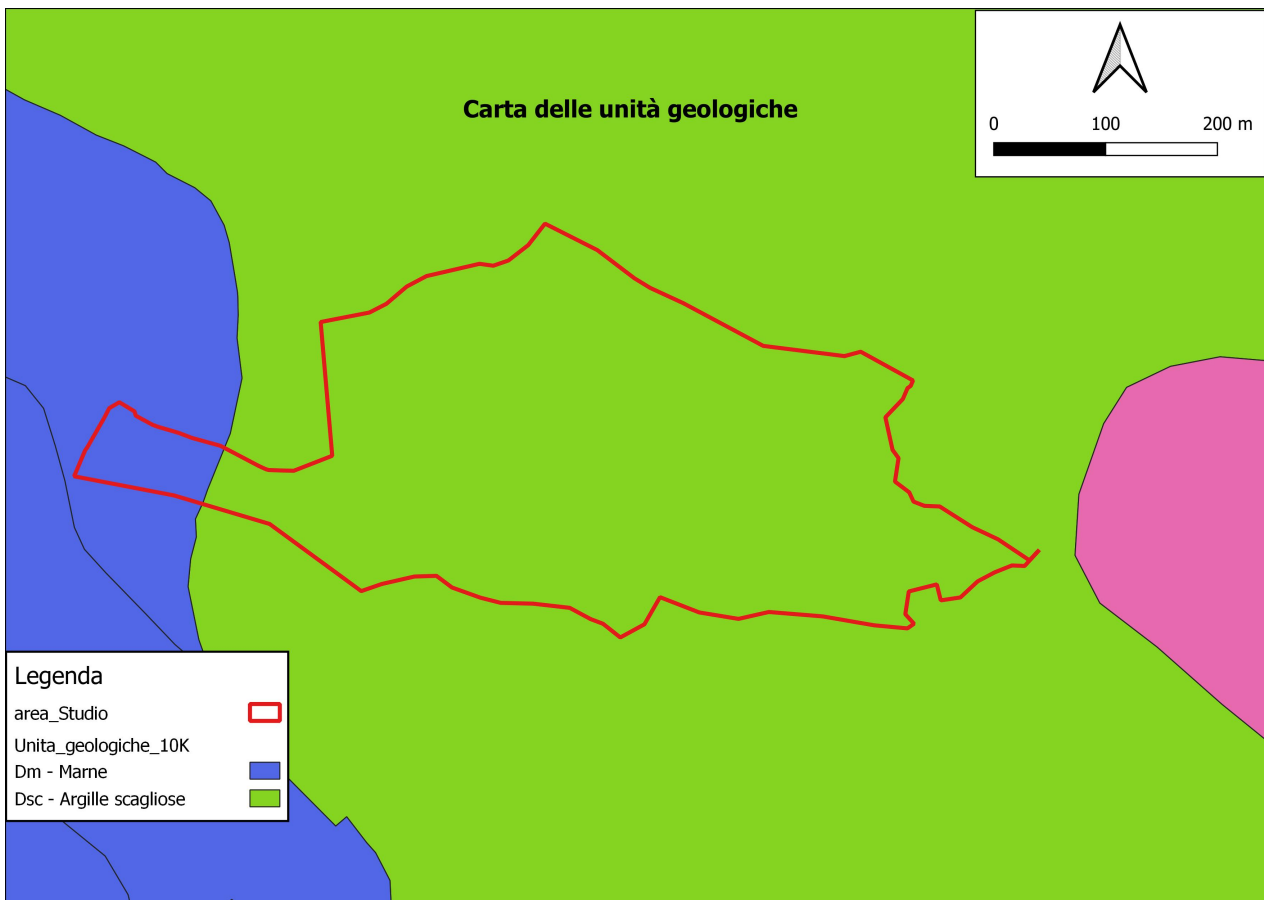


Figura 6. Carta delle unità geologiche (banca dati in scala 1:10.000, Regione Emilia-Romagna, 2006. Elaborazione T. Pepe). Le marne (Dm) sono la Formazione di Antognola, le argille scagliose sono le Argille varicolori della Val Samoggia descritte nel testo.

Come detto in precedenza, i processi di pedogenesi si instaurano a partire dall’alterazione della roccia madre. Le trasformazioni subite dalla roccia madre possono essere di tipo fisico, ovvero un semplice sminuzzamento della massa rocciosa causato dai diversi agenti fisici, oppure di tipo chimico, che implicano una modifica della composizione chimica o una riorganizzazione della struttura cristallina. Oltre alla frazione minerale un suolo, per essere definito tale deve essere considerato non solo come una superficie, ma come un composto estremamente variabile e dinamico di sostanza minerale e sostanza organica, che permette la vita di animali e piante. Ciò naturalmente rende complicata una

classificazione, in quanto ogni suolo ha proprietà e condizioni uniche che non possono essere definite facilmente in un modello.

Tuttavia, tramite l'analisi di caratteristiche numeriche individuabili (percentuale di sostanza minerale e organica, granulometria, profondità del suolo, composizione minerale, ecc.) sono stati costruiti nel tempo diversi modelli di classificazione che individuano tipologie di suolo con proprietà simili.

L'aspetto pedologico dell'area di studio è stato individuato attraverso la consultazione della Carta dei Suoli d'Italia (Costantini *et al.*, 2012). Per ogni suolo viene indicato il modello di distribuzione nel paesaggio e la sua localizzazione all'interno della delineazione.

L'area, secondo la classificazione del sistema di suolo, ricade nella regione pedologica C (Suoli delle colline del nord Italia su sedimenti marini neogenici e su calcari), in particolare nel sottoinsieme C16 (Haplic Calcisol; Calcaric Regosol; Calcaric Cambisol).

Il paesaggio è prevalentemente costituito da un ampio settore argilloso segnato da articolate erosioni calanchive (Figura 7), con pendenze comprese tra il 5 ed il 35%.



Figura 7. Erosione calanchiva su argille scagliose, con relativo accumulo a valle, ai margini dell'area di studio (foto L. Mazzocchi, 2020).

Sulla base della Carta dei Suoli dell'Emilia-Romagna è stato possibile individuare i profili di suolo più rappresentativi nella particella di interesse. Secondo questa classificazione la zona è caratterizzata prevalentemente da un suolo di tipo CARONA (su argille scagliose; cfr. Figura 6) e in minima parte da suolo di tipo VETTO (su marne; cfr. Figura 6).

I suoli CARONA sono presenti nel basso Appennino emiliano-romagnolo, dove occupano prevalentemente porzioni stabili di versanti irregolari, modellati da movimenti franosi (*soil slips*) e da fenomeni di erosione idrica incanalata e su superfici sommitali.

I suoli CARONA sono profondi, a tessitura franca argillosa limosa o argillosa limosa, moderatamente alcalini, da molto scarsamente calcarei a molto calcarei, con scheletro da assente a comune. Il substrato, costituito da rocce prevalentemente argillose intensamente deformate con stratificazione non definita ("Complesso caotico") è presente fra 80 e 130 cm. I processi erosivi che si instaurano, dovuti principalmente alla natura delle argille, si sono innescati anche per il dislivello esistente tra crinale e fondovalle, che determina la forte acclività del versante e la conseguente forza erosiva delle acque. Si tratta di suoli caratterizzati da una erodibilità elevatissima che associata alla scarsa produzione di sedimento li rende estremamente vulnerabili, soprattutto in quelle situazioni in cui viene a mancare la protezione della copertura vegetale.

I suoli VETTO sono profondi o molto profondi, molto calcarei. Sono a tessitura franca limosa e da neutri a debolmente alcalini nella parte superiore, a tessitura franca argillosa limosa, talvolta ciottolosa e moderatamente alcalini in quella inferiore. Il substrato, costituito da marne siltoso-sabbiose e peliti marnose, si riscontra da 90-140 cm di profondità.



Figura 8. Dettaglio di colata di fango argillosa pressoché priva di vegetazione (foto L. Mazzocchi, 2020).

Dall'analisi *in situ*, a differenza della classificazione CARONA e VETTO, i suoli risultano piuttosto superficiali, probabilmente a causa della morfologia di versante, soggetti a movimenti franosi e soliflussi molto recenti o tuttora attivi. La forte erosione, che raggiunge il suo apice nelle aree calanchive, comporta una continua decapitazione degli orizzonti del suolo nelle aree a monte e un rimescolamento a valle, dovuto soprattutto a colate di fango di natura argillosa (Figura 8). Questo apporto di argilla ha l'effetto di ridurre la porosità del suolo e le possibilità di assorbire acqua, comportando quindi un peggioramento della fertilità.

In conclusione, come evidenziato dalla presenza di calanchi (e dal fatto che in passato non sia stato oggetto di coltura), il suolo dell'area in esame è caratterizzato da una scarsa fertilità, che rappresenta il principale fattore limitante dello sviluppo della vegetazione forestale. Tuttavia, nel compluvio principale (sul confine sud), si è accumulato un sufficiente quantitativo di sostanza organica e si è sviluppato un suolo di discreta fertilità (testimoniato anche dal maggior sviluppo del bosco). Anche la porzione occidentale, su Formazione di Antognola (Figura 6), sebbene caratterizzata da maggiori pendenze, ha una maggiore fertilità poiché il substrato geologico è composto da arenarie e in misura minore da argille. In questa zona vegeta un bosco con abbondante presenza di robinia (*Robinia pseudoacacia*).

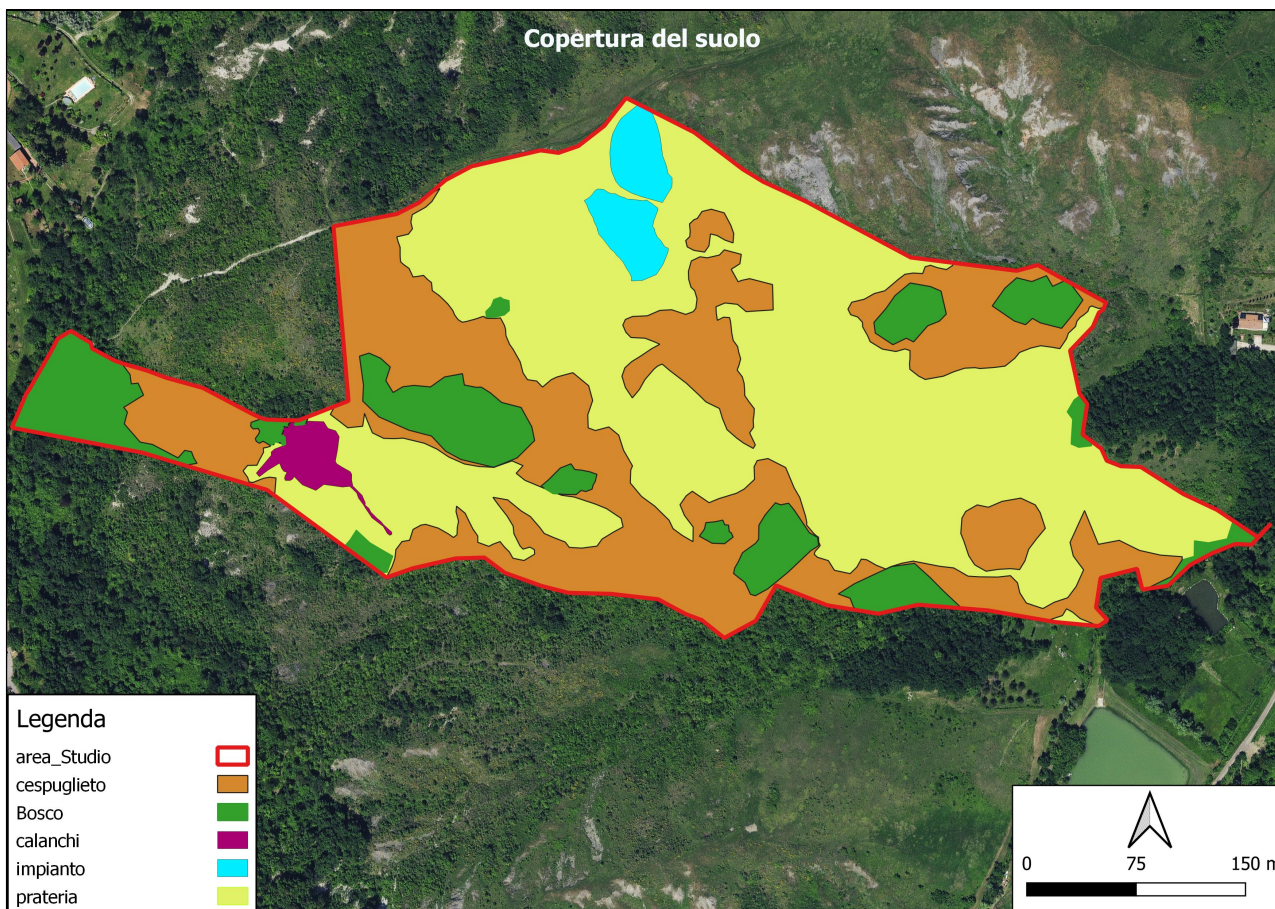


Figura 9. Uso del suolo dell'area di studio. Elaborazione a cura di T. Pepe, a partire da ortofoto nello spettro visibile RGB (Regione Emilia-Romagna, 2020c) e infrarosso vicino IR (Regione Emilia-Romagna, 2020d); in particolare l'uso di queste ultime immagini è stato usato per una migliore interpretazione della copertura forestale, al fine di distinguere il bosco dal cespuglieto, sebbene si tratti di una situazione di continuità non facilmente separabile (cfr. Figura 11).

## 2.4. Vegetazione potenziale e reale

I principali fattori ecologici (clima, geologia, biogeografica) permettono di individuare la vegetazione potenziale di un'area, ossia la vegetazione che si svilupperebbe in assenza di disturbo antropico al permanere delle altre condizioni.

La vegetazione potenziale è quindi un modello astratto, che riveste però un'utilità concreta nella gestione ambientale: essa rappresenta una fase di equilibrio dell'ecosistema, quindi lo stato che può

essere mantenuto con minori *input* esterni, nonché il possibile punto di arrivo di un processo di restauro ambientale.

In passato si usava maggiormente il termine *climax*, ossia lo stadio finale della successione ecologica, che però ha un'accezione più alta e definitiva e si può attribuire solamente ad ecosistemi al massimo grado di complessità come una foresta vergine.

La successione ecologica è composta da diversi stadi di vegetazione: a partire dal terreno nudo si insedia prima la vegetazione erbacea, poi quella arbustiva ed infine quella arborea. Ciò che causa questi cambiamenti è la produzione di materia organica dovuta alla fotosintesi. Tuttavia, la produzione primaria è possibile per ogni specie solo entro limiti ben definiti; nella vegetazione succede quindi che le specie meno produttive vengono progressivamente sostituite da altre più adattate, che prendono il sopravvento. La vegetazione tende dunque a trasformarsi ottimizzando i processi di produzione, le specie di maggiori dimensioni progressivamente divengono prevalenti e di conseguenza aumenta la complessità, fino a giungere al limite massimo di produttività possibile che nei nostri climi è generalmente rappresentato da un consorzio forestale. Si giunge ad una situazione di stabilità in cui le trasformazioni sono limitate alla sostituzione degli individui senescenti (Pignatti, 1998).

Nell'area di studio risulta pertanto utile non solamente individuare la vegetazione potenziale e quella reale, ma mettere in relazione anche i diversi stadi della successione, al fine di comprendere più facilmente l'evoluzione naturale dell'area, ed eventualmente favorirla.

Sebbene la successione ecologica sia un processo continuo, al suo interno si individuano degli "stadi" caratterizzati da composizioni vegetali distinte che sono più o meno durevoli nel tempo, soprattutto in base alla fertilità del sito: un campo agricolo di buona fertilità può diventare un arbusteto in 5-10 anni, mentre un prato naturale su suolo poco profondo può impiegare il doppio del tempo.

Nel nostro caso, è proprio la fertilità ad essere il fattore limitante, con la situazione estrema rappresentata dalle aree calanchive, fortunatamente poco estese nella proprietà. I calanchi sono infatti formazioni geomorfologiche dovute alla presenza di particolari tipi di argille, spesso ricche di sali, su cui la vegetazione non riesce ad insediarsi, con un'erosione accelerata del terreno (che a sua volta rende più difficile l'affermazione delle poche piante pioniere).

Quasi la metà dell'area è coperta da vegetazione erbacea (Figura 9), legata anche al passato utilizzo come pascolo. Nelle zone alla base dei calanchi, dove giungono le colate di argille, si insedia una caratteristica vegetazione erbacea di oltre un metro di altezza, costituita da canna del Reno (*Arundo plinii*). Questa specie, con il suo apparato radicale costituito da un fitto intreccio di stoloni, svolge un'utile funzione nel limitare l'ulteriore movimento del terreno. Lo stadio di arbusteto occupa circa un terzo della superficie; si può distinguere una fase di recente colonizzazione da parte della ginestra odorosa (*Spartium junceum*; la formazione può essere ascritta all'associazione *Spartium juncei-Cytisetum sessilifolii*) e l'arbusteto dominato da prugnolo (*Prunus spinosa*) e biancospino (*Crataegus monogyna*; vegetazione inquadrabile nell'alleanza *Prunetalia spinosae*). La ginestra è una pianta pioniera, in grado di migliorare il suolo grazie al processo di azotofissazione e facilitare l'insediamento di altre specie arbustive o arboree. L'arbusteto a prugnolo è invece una vegetazione in grado di permanere alcuni decenni prima di evolvere verso una fase di bosco. Dalle foto aeree dell'area, si può constatare un'espansione degli arbusteti (nel loro complesso) negli ultimi 30 anni, sicuramente a seguito della riduzione dell'attività di pascolo.

Infine, poco più di un decimo dell'area, è coperta da boschi di roverella (*Quercus pubescens*) inquadrabili nell'associazione *Knautio-Quercetum pubescentis* (cfr. Pignatti 1998, Regione Emilia-Romagna 2018; cfr. § 4.4. Conservazione della biodiversità); il querceto misto rappresenta anche la vegetazione potenziale del comprensorio (Pignatti 1998). A differenza dell'arbusteto, il bosco sembra aver mantenuto la stessa superficie, mostrando tuttavia una lenta espansione verso il pruneto tutt'ora in atto. Il pruneto presente attorno al bosco viene anche definito "mantello forestale" ed ha un importante ruolo ecologico proprio nel permettere l'estendersi del bosco stesso, poiché protegge, nel fitto intrico di

rami spinosi, le giovani piante forestali dal morso degli erbivori, ed inoltre mantiene il suolo fresco e umido anche in estate. Il mantello viene colonizzato principalmente da specie forestali pioniere, nel nostro caso si osservano piccoli esemplari (2-4 centimetri di diametro e un paio di metri di altezza) di orniello (*Fraxinus ornus*) e di olmo campestre (*Ulmus minor*). Quest'ultima specie purtroppo è soggetta alla grafiosi (malattia causata dal fungo patogeno di origine alloctona *Ophiostoma novo-ulmi*) che porta a morte gran parte degli esemplari in pochi anni. Si osservano localmente anche giovani esemplari di cerro (*Quercus cerris*), mentre appaiono svantaggiati i semenzali di roverella caratterizzati da crescita lenta. In generale, gli alberelli che superano i 2-3 metri di altezza hanno un futuro garantito (escluso l'olmo), poiché sono in grado di sfuggire al morso degli erbivori e di superare la concorrenza per la luce dello strato arbustivo.



Figura 10. Caprifoglio peloso (*Lonicera xylosteum*) a sinistra e la lantana (*Viburnum lantana*) a destra (foto L. Mazzocchi, 2020).

Un ulteriore aspetto assume la porzione più occidentale del bosco (circa 0,5 ha), su un substrato geologicamente e pedologicamente più fertile, costituita in gran parte da robinia (*Robinia pseudoacacia*), probabilmente piantata per consolidare la scarpata in prossimità della strada, con presenza anche di ailanto (*Ailanthus altissima*). Si tratta di due specie alloctone, di cui è auspicabile il contenimento; in particolare per l'ailanto che è specie dichiarata invasiva in Europa (Reg. UE 1143/2014). Tuttavia, la robinia mostra uno stato fitosanitario molto compromesso, con gran parte delle piante morte o deperienti (peraltro un simile stato si osserva in diverse parti d'Italia). La causa non è nota, ma si può ipotizzare l'attacco di un fungo patogeno di debolezza (forse *Diaporthe oncostoma*, specie che provoca cancri e seccumi sulla chioma di robinia; Gomes *et al.* 2013), sviluppatosi a seguito

dello stress idrico delle piante cagionato dalla siccità del 2017. In questa zona si è già insediata la rinnovazione di olmo (purtroppo senza futuro) e orniello; si osservano semenzali di noce (*Juglans regia*) provenienti da piante coltivate poco a monte e che testimoniano le buone potenzialità del sito poiché si tratta di una specie relativamente esigente in termini di umidità e suolo; contribuiranno alla ricostituzione del bosco anche le piante di quercia e di carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) presenti.

Nel complesso, sebbene la superficie forestale sia abbastanza piccola, è presente una buona biodiversità forestale, in particolare per la compagine arbustiva, sempre molto abbondante perché la roverella permette ad una buona quantità di luce di giungere al suolo. Il sottobosco è dominato dal biancospino, cui si accompagna il prugnolo verso il margine esterno del bosco; interessante la presenza sia del corniolo (*Cornus mas*) sia del sanguinello (*C. sanguinea*), il primo è tipico di boschi più mesofili, il secondo più tollerante dell'aridità; l'abbondante presenza di asparago selvatico (*Asparagus acutifolius*) indica condizioni intermedie verso il clima mediterraneo, così come la rosa di San Giovanni (*Rosa sempervirens*). Non molto diffuso il pungitopo (*Ruscus aculeatus*), relegato ai nuclei boschivi con maggior copertura arborea, così come l'edera (*Hedera helix*). Altra specie relativamente più esigente di suoli freschi è la berretta di prete (*Euonymus europaeus*), più adattabili il ligustro (*Lygustrum vulgare*) e il caprifoglio peloso (*Lonicera xylosteum*; Figura 10), mentre ai margini del bosco è presente la lantana (*Viburnum lantana*; Figura 10). Infine, ulteriori arbusti tipici dei pascoli sono la rosa canina (*Rosa canina*), il pero mandorlino (*Pyrus spinosa*) e la marruca (*Paliurus spina-christi*), localizzati esternamente al bosco. Presente quasi ovunque, e più o meno abbondante, è il rovo (*Rubus ulmifolius*). Ulteriori rosacee, che raggiungono le dimensioni di piccoli alberi sono il melo selvatico (*Malus sylvestris*) e il sorbo domestico (*Sorbus domestica*), molto localizzate nell'area di studio; tutte le rosacee hanno anche il ruolo di produzioni di frutti appetiti dalla fauna. Poco diffuso è anche il ginepro (*Juniperus communis*) e alcuni esemplari di salicone (*Salix capraea*) lungo il viottolo di accesso a nord, che vegeta su piccoli affioramenti d'acqua dovuti al suolo argilloso. Infine, del tutto inaspettata, la presenza di un semenzale di castagno, specie molto più esigente in termini di qualità del suolo e con una ridotta resistenza allo stress idrico, che difficilmente si adatta a terreni argillosi.



### 3. Descrizione del bosco

L'analisi si è soffermata soprattutto sulla componente arborea dell'area, ricorrendo ai metodi di misurazione della dendrometria. I rilievi in campo sono stati limitati dalle restrizioni dovute all'emergenza sanitaria Covid-19, tuttavia le attività sono state attentamente pianificate e si ritiene che forniscano un quadro sufficientemente completo del bosco in esame.

Sono state realizzate quattro aree di saggio di forma circolare, di raggio variabile a seconda delle dimensioni del nucleo boschivo, da 10 a 18 m (in pratica il diametro era pari alla larghezza del bosco), per complessivi 2.174 m<sup>2</sup>, quasi il 12% della superficie boscata (Figura 11). Non sono state realizzate aree di saggio nel robinieto, perché i dati non sarebbero stati attendibili in merito agli accrescimenti futuri e per le difficili condizioni operative (pendenza accentuata, fitta presenza di rovo).

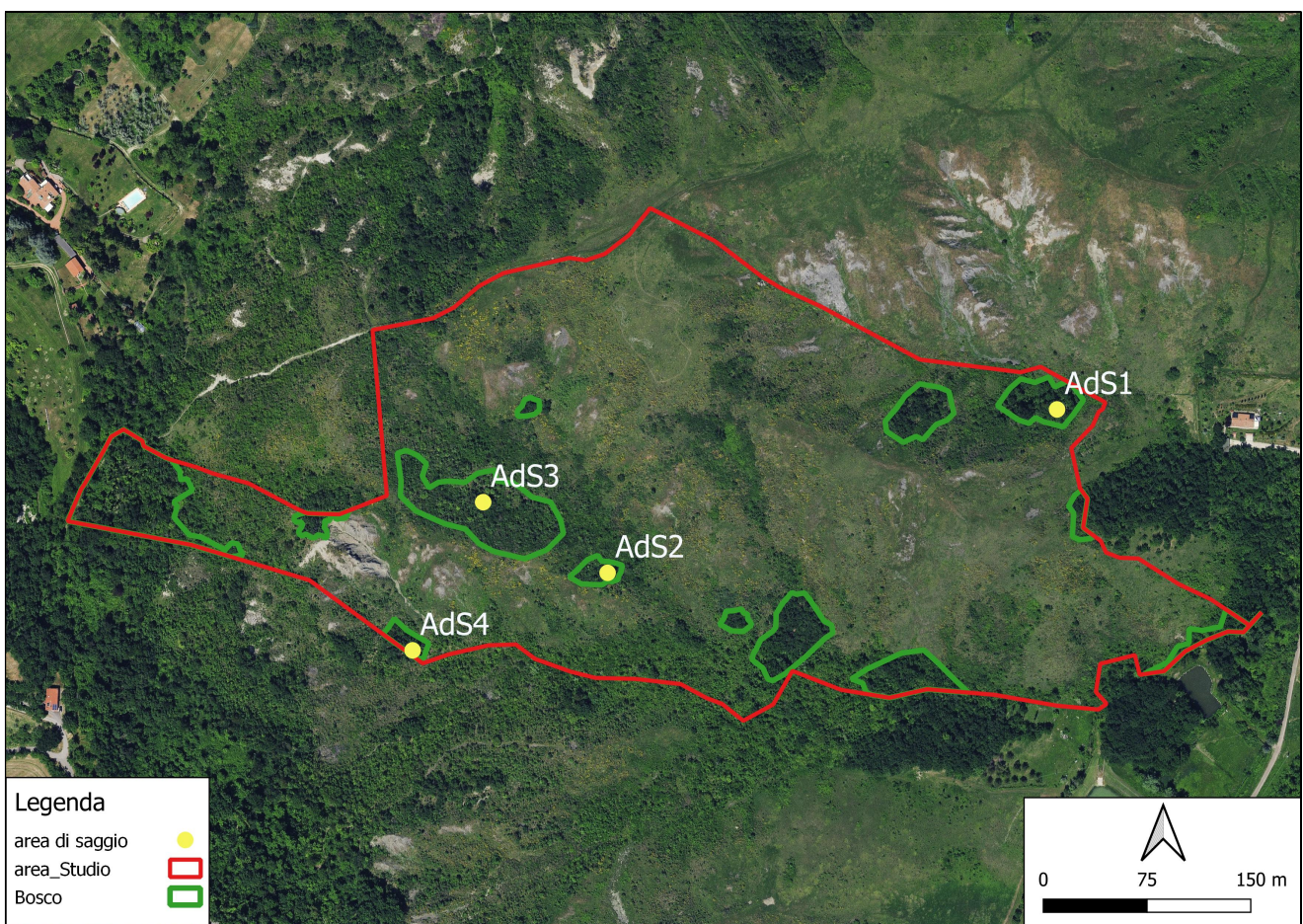


Figura 11. Perimetrazione dei nuclei boschivi con indicazione delle aree di saggio circolari con raggio variabile da 10 a 18 m (rappresentate non in scala su ortofoto, elaborazione a cura di T. Pepe; Regione Emilia-Romagna, 2020c).

Dall'analisi di campo e dalle ortofoto disponibili, si ritiene che il bosco non abbia subito tagli forestali dagli anni '80, pertanto si può ipotizzare che il bosco abbia almeno 40 anni, valore che abbiamo usato come parametro di riferimento per stimare gli accrescimenti. La struttura nel complesso può essere equiparata ad un ceduo invecchiato (ossia un bosco che veniva tagliato ogni circa 20 anni e si

rinnovava tramite i polloni nati dalle ceppaie, ma che ha saltato il turno di taglio) in alcuni nuclei è più simile ad una fustaia transitoria (ceduo invecchiato in cui molte piante sono singole), in cui sono presenti ceppaie con pochi polloni (mediamente meno di tre), autodiradatisi col tempo. La specie dominante è sempre la roverella, che mostra ormai accrescimenti ridotti e stato fitosanitario mediocre (soprattutto le ceppaie; abbastanza diffuso il cancro carbonioso, causato da *Biscogniauxia mediterranea*, tipico patogeno di debolezza delle querce). La seconda specie per importanza è l'orniello, in gran parte originatosi da seme, ma con diametri massimi attorno ai 15 cm. Le altre specie forestali sono presenti solo localmente e poco o per niente rappresentate nelle aree di saggio, fra queste l'olmo campestre, l'acero campestre (*Acer campestre*), il carpino nero e il cerro. In prossimità del compluvio sono presenti anche dei pioppi tremuli (*Populus tremula*). Queste specie sono più diffuse allo stadio di piccole piante che si stanno diffondendo all'interno dei nuclei boschivi; la loro concreta possibilità di sviluppo è legata alla capacità di sopportare l'aduggiamento (ombra degli alberi e arbusti) in attesa che si liberi spazio fra le chiome.

Questa compagine forestale fa supporre un passato di gestione del bosco con prelievi molto puntuali, che hanno volontariamente favorito la presenza della sola roverella, probabilmente utile per produrre ghianda per il pascolo. A seguito della sospensione della gestione, si sono diffuse altre specie, a partire dall'orniello, oltre alle specie arbustive spinose (biancospino e prugnolo) che sono le prime a svilupparsi con la riduzione della pressione del pascolo. Si tratta di una dinamica ben conosciuta (cfr. Bernetti 2015) e comune a molti boschi di roverella che hanno ormai perso la loro vocazione produttiva (ossia non vengono tagliati perché i costi superano i ricavi), e in cui il bosco va incontro ad un lento processo di autodiradamento con ingresso in una prima fase proprio dell'orniello, nelle situazioni di scarsa fertilità (e del carpino nero nelle esposizioni più fresche e ombreggiate). Il Bernetti (2015) ritiene che il ciclo completo porterà alla rinnovazione della roverella in tempi molto lunghi, 150-200 anni, tramite un processo non ancora mai osservato nei boschi italiani.

Nel complesso, i diametri medi sono di 13-14 cm, altezze medie attorno agli 8 m, con gli alberi più alti di circa 10 m (fino a 12-14 nel compluvio). Si tratta quindi di boschi poco produttivi e piuttosto radi (ossia le chiome non creano una copertura continua, soprattutto per la presenza di seccumi e piante morte; la copertura osservata varia tra il 50 e l'80%) a causa della scarsa fertilità del suolo; sono migliori le condizioni nella zona di compluvio, dove si trovano le piante più grandi e una fase evolutiva più accelerata verso la fustaia.

La dotazione in termini di provvigione (legno) varia dai 60 m<sup>3</sup>/ha delle zone più rade, ai quasi 130 m<sup>3</sup>/ha nel compluvio, che costituisce però un'eccezione localizzata. Come raffronto, si tenga presente che un bosco analogo in condizioni di media fertilità raggiunge 60-80 m<sup>3</sup>/ha in circa 20 anni (ossia almeno la metà del tempo). Complessivamente, considerando il dato come indicativo perché è stato raccolto un campione limitato di altezze delle piante, si può stimare una provvigione complessiva di circa 140 m<sup>3</sup> (con valore medio poco inferiore a 80 m<sup>3</sup>/ha).

Il sottobosco è sempre molto abbondante (con copertura del 50-80%), variabile la presenza di specie erbacee, lo spessore della lettiera è limitato a pochi centimetri come tipico in questi boschi e il suolo è superficiale, localmente con roccia affiorante, più profondo nelle aree di compluvio o per accumuli localizzati in tasche di suolo che permettono lo sviluppo di singole o poche piante più vigorose.

In un'ottica selvicolturale, questa tipologia di boschi (cedui invecchiati) può avere tre possibili forme di gestione: taglio ceduo per ritornare alla gestione ordinaria, taglio di avviamento a fustaia, monitoraggio dell'evoluzione senza intervento. La ceduzione è un taglio raso con rilascio di meno del 10% delle piante per ottenere una rinnovazione agamica dalle ceppaie presenti: nel nostro caso, considerata la scarsa vitalità delle ceppaie non si hanno sufficienti garanzie di ottenere la rinnovazione del bosco, pertanto anche in un'ottica strettamente colturale, tale opzione non è attuabile. Il taglio di avviamento a fustaia consiste in un diradamento in cui si lascia solo uno o due polloni per ceppaia (generalmente viene attuato in boschi fertili, dove si riduce la competizione tra le piante favorendo un aumento degli accrescimenti), nel nostro caso, di copertura già molto ridotta non appare auspicabile poiché

aumenterebbe le condizioni di aridità del suolo, che rappresentano uno dei fattori limitanti. Pertanto, risulta consigliabile adottare la scelta del non intervento per ulteriori 5-10 anni, proseguendo con il monitoraggio del bosco per valutare eventuali altre scelte (es. in caso di fenomeni di moria diffusa o di insediamento vigoroso di rinnovazione da seme). Un caso a parte è rappresentato dal robinieto, dove sarà necessario un approfondimento conoscitivo sull'evoluzione dello stato fitosanitario (per i prossimi uno o due anni) al fine di adottare la strategia migliore per giungere alla sostituzione di specie. La robinia e l'ailanto sono infatti molto difficili da contenere poiché reagiscono al taglio delle piante con un vigoroso riscoppio di polloni radicali, che porta di fatto ad un risultato diametralmente opposto a quello sperato. Per la robinia si valuterà sul campo se la mortalità indotta dal patogeno comporti anche la perdita di capacità pollonifera; iniziali osservazioni in altri siti (Scarfò, oss. pers.) hanno infatti evidenziato il sopraggiungere anche di marciumi radicali, in particolare da *Armillaria* sp. (specie polifaga molto diffusa, i cui carpofori sono eduli e noti col nome di chiodini o famigliola) con conseguente morte completa della pianta, compreso l'apparato radicale e l'impossibilità di emettere polloni.



Figura 12. Veduta dell'area con un nucleo boschivo sulla destra (foto L. Mazzocchi, 2020).

## 4. Servizi ecosistemici<sup>1</sup>

### 4.1 Tutela idrogeologica

In Italia, la tutela dei boschi nasce con il “vincolo forestale” del Regio Decreto n. 3918 del 1877, ed ha già lo scopo di tutela idrogeologica del territorio, sebbene l’esplicita dicitura di “vincolo idrogeologico” sia introdotta solo più tardi, col Regio Decreto n. 3267 del 1923. In sostanza, il legislatore ha sempre avuto ben presente sia la fragilità del territorio italiano, sia l’importanza dei boschi ai fini della sua salvaguardia dai fenomeni di dissesto.

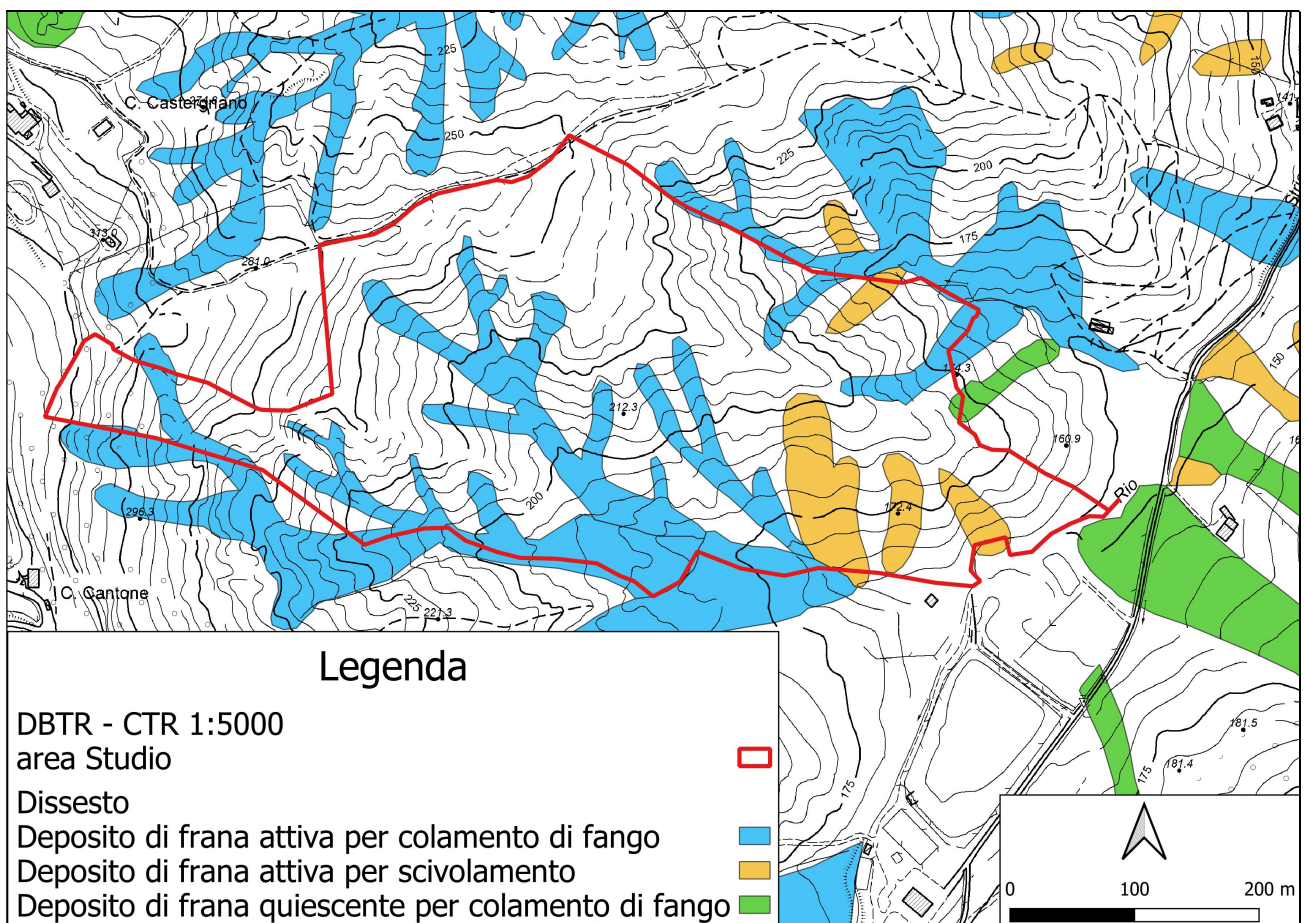


Figura 13. Fenomeni di dissesto in atto nell’area (Regione Emilia-Romagna 2018), rappresentati su Carta Tecnica Regionale (Regione Emilia-Romagna 2020; elaborazione T. Pepe).

L’area in oggetto, sebbene non rappresenti una particolare criticità per il rischio idrogeologico, è tuttavia caratterizzata da elevata fragilità geomorfologica, dovuta alle peculiarità geologiche (argille scagliose) che comportano il fenomeno dei calanchi con erosione attiva e molto marcata (Figura 13).

<sup>1</sup> L’inquadramento generale della tematica è stato già trattato nella 1. Premessa.

Pertanto, uno dei servizi ecosistemici più rilevanti del Bosco della Biodiversità nel suo complesso è quello di tutela idrogeologica, con una funzione più marcata per le aree boschive e minore per quelle con sola vegetazione erbacea. La scelta di effettuare un rimboschimento (circa 4.000 m<sup>2</sup>; Figura 14) andrà, nel tempo, ad aumentare la funzione idrogeologica dell'area.

L'analisi dell'azione complessiva del bosco sull'equilibrio idrogeologico risulta molto difficile, si dovrebbero analizzare gli effetti sulle falde superficiali e profonde, sulla riduzione dei fenomeni di piena dei corsi d'acqua, sulle frane ecc. Si tratta inoltre di fenomeni da analizzare a scala di bacino, in cui la conservazione di alcuni ettari di bosco ha sicuramente un effetto positivo, ma nel complesso poco rilevante.

Tuttavia sono disponibili alcuni metodi che permettono di stimare alcuni dei fenomeni che partecipano al dissesto idrogeologico, in particolare l'erosione del suolo e il deflusso superficiale.

Per la stima dell'erosione del suolo è stato utilizzato il metodo RUSLE<sup>2</sup>, acronimo di Revised Universal Soil Loss Equation, revisione di Renard *et al.* (1997), dell'Universal Soil Loss Equation (USLE) di Wischmeier e Smith (1978). Grazie a questa equazione è possibile stimare, in base a condizioni climatiche, pedologiche, topografiche e colturali ben definite, il valore medio della perdita di suolo dovuta all'erosione.

L'equazione universale per il calcolo della perdita di suolo, così come proposta da Wischmeier e Smith (1978), è data da:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

- **A**: perdita di suolo per unità di superficie espresso in Mg\*ha<sup>-1</sup>\*anno<sup>-1</sup>.
- **R**: esprime l'erosività della pioggia, in base all'energia e all'intensità delle precipitazioni
- **K**: indica l'erodibilità del suolo, ovvero la tendenza di un suolo ad essere eroso, che varia in funzione delle caratteristiche del suolo stesso
- **LS**: prende in considerazione gli effetti della topografia (lunghezza e pendenza dei versanti) sull'intensità dei processi erosivi
- **C**: rappresenta gli effetti della vegetazione e delle pratiche di gestione sulla velocità di erosione del suolo
- **P**: rappresenta la perdita di suolo in un terreno sottoposto a pratiche antierosive. Il fattore P è adimensionale e varia tra 0 e 1. Nel caso non sia prevista alcuna misura di gestione, come in questa situazione, assume valore pari a 1.

Per il calcolo dei fattori R, K e LS si è fatto riferimento ai dati della *Carta dell'Erosione Idrica Attuale della Regione Emilia-Romagna*, realizzata dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli – Regione Emilia-Romagna (2019).

Per il calcolo del fattore C sono state osservate le indicazioni proposte dalla guida applicativa della RUSLE (Wishmeier e Smith, 1978).

Per le finalità di questo studio, i parametri R, K, LS, P sono stati considerati costanti, mentre si è agito solo sul fattore C. Ciò ha consentito di formulare una prima stima di perdita di suolo dell'area: con la suddivisione della zona in bosco, cespuglieto, prati stabili e aree calanchive (Tabella 3).

---

<sup>2</sup> Analisi a cura di L. Mazzocchi.

Tabella 3. Valore dei fattori e della stima di perdita di suolo per tipologie di uso del suolo dell'area tramite RUSLE. Si evidenzia il fattore C che rappresenta l'effetto della vegetazione; i valori sono inoltre confrontabili con quelli della Regione Emilia-Romagna (2019).

	<b>Bosco</b>	<b>Cespuglieto</b>	<b>Prati stabili</b>	<b>Aree calanchive</b>
<b>R</b>	1.232,500	1.232,500	1.232,500	1.232,500
<b>K</b>	0,035	0,035	0,035	0,035
<b>LS</b>	30,000	30,000	30,000	30,000
<b>C</b>	<b>0,001</b>	<b>0,003</b>	<b>0,005</b>	<b>0,300</b>
<b>P</b>	1,000	1,000	1,000	1,000
<b>Perdita di suolo</b> (Mg*ha <sup>-1</sup> *anno <sup>-1</sup> )	<b>1,294125</b>	<b>3,882375</b>	<b>6,470625</b>	<b>388,237500</b>

Dalla stima della perdita di suolo appare evidente la criticità delle aree calanchive, con erosione da 60 a 300 volte maggiore delle aree protette dalla vegetazione. In soli 3.000 m<sup>2</sup> di calanchi si perdono ogni anno oltre 100 tonnellate di suolo, con conseguenti problematiche sia a monte sia a valle. Purtroppo, il perdurare del processo erosivo non permette un'evoluzione dinamica della vegetazione se non in tempi molto lunghi o a seguito di cambiamenti del clima (precipitazioni meno aggressive o riduzione della siccità estiva). È possibile agire invece sulle zone limitrofe ai calanchi, in particolare su quelle caratterizzate dalla presenza di prati stabili. In queste zone la potenziale successione ecologica è limitata dalle caratteristiche del terreno: l'asportazione continua di suolo, insieme alla limitata capacità di ritenzione idrica non permette l'affermazione di piante di maggiori dimensioni. In questo contesto si colloca il rimboschimento (quindi col supporto dell'azione antropica, esempio con le irrigazioni di soccorso in estate): esso ha un ruolo decisivo nell'arrestare i fenomeni di dilavamento. Un'analisi preliminare dell'area attualmente soggetta a rimboschimento (4.000 m<sup>2</sup>) indica che permetterà una riduzione della perdita di suolo di:

- 1,0353 Mg\*ha<sup>-1</sup>\*anno<sup>-1</sup>, passando da prato stabile a cespuglieto (nei prossimi 5-10 anni)
- 2,0706 Mg\*ha<sup>-1</sup>\*anno<sup>-1</sup>, passando da arbusteto a bosco (a partire dall'età di circa 10 anni)

Attraverso la piantumazione artificiale di piante arbustive si elude il fattore limitante che è dato dal suolo stesso e si creano le condizioni idonee all'istaurarsi dei processi evolutivi naturali. Ciò comporterebbe oltre alla riduzione di perdita di suolo, anche un consolidamento del terreno, un accumulo di sostanza organica (con conseguente aumento della fertilità), un'evoluzione della vegetazione sia in termini di quantità che di qualità (più biodiversità) e di conseguenza una maggiore produzione di servizi ecosistemici (forniti dal bosco, ma anche dal suolo attraverso il sequestro di diossido di carbonio).

Un altro aspetto della tutela idrogeologica svolta dalla vegetazione è costituito dalla riduzione del deflusso superficiale. È stato possibile effettuare una stima di tale fenomeno tramite il programma *open source* I-Tree (cfr. 1. Premessa), tuttavia, non avendo potuto validare il metodo, si ritiene che i risultati debbano essere considerati come indicativi. Il valore medio stimato dal programma (a partire dalla serie meteorologica utilizzabile, relativa a Bologna per l'anno 2015) per le quattro aree di saggio è pari a circa 134 m<sup>3</sup>/ha/anno, per complessivi oltre 213 m<sup>3</sup>/ha/anno per tutti i nuclei boschivi. Si tratta di un valore molto piccolo, dell'ordine del 1-2% delle precipitazioni complessive, ma il suo ruolo più

importante si esplica nel rallentare il deflusso delle piogge più “aggressive”, ormai sempre più frequenti.



*Figura 14. Giovane rimboschimento che andrà ad aumentare la funzione di tutela idrogeologica dell'area (foto L. Mazzocchi, 2020).*

#### **4.2 Contributo al ciclo del carbonio**

Un'altra delle funzioni fondamentali della vegetazione, ed in particolare delle foreste, è quella di assorbire il diossido di carbonio presente nell'atmosfera, trasformandolo in sostanza organica: la fotosintesi è l'unico processo in grado di compensare (purtroppo ancora in misura troppo bassa) le immissioni di diossido di carbonio di origine antropica, che costituiscono la principale causa (tramite l'aumento dell'effetto serra) dei cambiamenti climatici a cui stiamo assistendo.

Un bosco ha due funzioni in relazione all'assorbimento del carbonio: la conservazione del carbonio già accumulato e il nuovo assorbimento tramite l'accrescimento delle piante.

Poiché l'attuale livello di immissioni di carbonio in atmosfera è considerato eccessivo dagli accordi internazionali sul clima, ogni nuova emissione di carbonio andrebbe limitata, e quindi conservare i boschi (evitando il taglio, soprattutto se destinato a produrre legna da ardere) rappresenta un contributo alla lotta ai cambiamenti climatici.

Allo stesso tempo, un bosco, col suo naturale sviluppo, sottrae diossido di carbonio dall'atmosfera andando a ridurne la concentrazione.

Risulta inoltre evidente che la scelta di realizzare un imboschimento, trasformando un prato in un bosco, massimizza entrambe le funzioni; unico piccolo neo è il lento sviluppo iniziale delle giovani piante.

La stima del carbonio immagazzinato e di quello assorbito annualmente è stata effettuata tramite le già citate aree di saggio, adottando sia i metodi della dendrometria, comunemente utilizzati in selvicoltura per valutare il legno presente nel bosco, sia il programma I-Tree (cfr. 1. Premessa). I valori stimati da I-Tree sono più alti perché non si limitano a valutare il carbonio immagazzinato nel legno, ma anche quello delle radici e una quota di quello delle foglie. Altro fattore di incertezza è l'età del bosco, stimata in 40 anni ai fini dei calcoli, che influenza il calcolo dell'accrescimento medio (volume del legno/età). Il diossido di carbonio immagazzinato si calcola a partire dalla stima del volume del legno:

$$CO_2 = V \times db \times CF \times CO_2/C$$

- **CO<sub>2</sub>**: biossido di carbonio, espresso in tonnellate (t)
- **V**: volume dendrometrico, espresso in metri cubi (m<sup>3</sup>)
- **db**: densità basale, ossia massa volumica del legno, inteso come sostanza secca (t/m<sup>3</sup>)
- (valore impiegato pari a **0,8 t/m<sup>3</sup>**, considerando che la specie dominante è la roverella)
- **CF**: fattore di conversione della sostanza secca in carbonio (ossia percentuale di carbonio contenuto nel legno secco), pari a **0,5**
- **CO<sub>2</sub>/C**: rapporto tra il peso molecolare del biossido di carbonio (44 u) e il peso atomico del carbonio (12 u), pari **3,67**.

I valori sono stati stimati solamente per i nuclei forestali, seguendo il metodo dendrometrico, il diossido di carbonio accumulato è pari a circa 200 tonnellate (circa 115 t/ha), mentre il programma I-Tree stima circa 300 tonnellate, quindi un valore maggiore di circa il 50%. In parte ciò è giustificabile perché valuta anche il quantitativo presente nelle radici e nelle foglie, ma in ogni caso lo scostamento è rilevante.

La stima del diossido di carbonio assorbito ogni anno è pari a 5,1 t/a (circa 2,8 t/ha/a), tramite il calcolo dell'incremento medio, considerando 40 anni di età. I-Tree fornisce un valore cinque volte maggiore, 26,5 t/a, evidentemente il calcolo si basa sugli accrescimenti medi delle specie, probabilmente con dati non corretti per la roverella (forse equiparata alle più diffuse rovere o farnia).

Questi valori sono anche la base per valutare le potenzialità del nuovo impianto, sebbene gli incrementi correnti (ossia attuali) siano poco significativi e di conseguenza anche gli assorbimenti di carbonio, si può ipotizzare che nell'arco di una quarantina di anni si avrà un bosco con caratteristiche analoghe a quelli presenti, con un accumulo complessivo di circa 50 tonnellate di diossido di carbonio e assorbimento di oltre una tonnellata all'anno.

### **4.3. Riduzione dell'inquinamento atmosferico**

Un altro servizio ecosistemico svolto dalle piante è rappresentato dalla riduzione dell'inquinamento atmosferico, poiché le foglie intercettano gli inquinanti favorendone la deposizione o li assorbono tramite un'azione filtrante. Questo ruolo è maggiore nei centri urbani, ma anche un bosco collinare in vicinanza di una grande città e della Pianura Padana, una delle aree con maggiore inquinamento atmosferico d'Europa, può avere la sua importanza.

I dati che si forniscono hanno un valore puramente indicativo, poiché elaborati dal programma I-Tree con i dati meteorologici e di inquinamento rilevati a Bologna nel 2015.

Nel complesso, il bosco assorbirebbe circa 160 kg di inquinanti all'anno, in massima parte ozono (circa il 73 %), in misura minore diossido di azoto (25%), e in minima parte PM 2,5 e monossido di carbonio.



#### 4.4. Conservazione della biodiversità

Il Bosco della Biodiversità si prefigge, a partire dal nome, la finalità di conservare la diversità biologica. Sebbene sia situato in un'area non tutelata, a breve distanza sono presenti aree protette regionali (Parco dei Gessi Bolognesi e Calanchi dell'Abbasanta, Riserva del Contrafforte Pliocenico) e siti della rete Natura 2000 ai sensi delle Direttive Habitat e Uccelli (in particolare la ZSC-ZPS Boschi di San Luca e Destra Reno dista meno di un chilometro).

Non sono stati realizzati studi faunistici, ma durante i sopralluoghi è stato possibile accertare la presenza di alcune specie di interesse conservazionistico. In particolare il falco pecchiaiolo (*Pernis apivorus*) e la tottavilla (*Lullula arborea*) sono elencati nella Direttiva Uccelli; mentre il primo è un rapace con ampi territori che quindi può nidificare anche a notevole distanza dal punto di osservazione, la seconda, passeriforme della famiglia dell'allodola, potrebbe nidificare nell'area di studio, poiché il suo habitat è costituito da prati cespugliati. Fra gli uccelli è presente anche il picchio muratore (*Sitta europaea*), rilevato nel bosco lungo il compluvio, si tratta di una specie indicatrice di un discreto stato strutturale del bosco.

Fra i mammiferi è stata rilevata la presenza del cinghiale (*Sus scrofa*), del capriolo (*Capreolus capreolus*), della lepore (*Lepus europaeus*) e del tasso (*Meles meles*).

Fra gli anfibi è stata udita la raganella italiana (*Hyla intermedia*), specie sub-endemica italiana (presente anche nella Svizzera del sud e in Slovenia in prossimità del confine), di interesse comunitario poiché elencata nella Direttiva Habitat (peraltro questa specie non è stata rilevata negli studi della vicina ZSC Boschi di San Luca e Destra Reno, cfr. Regione Emilia-Romagna 2018).

Per quanto riguarda la vegetazione, il bosco di roverella presente nell'area è inquadrabile nell'associazione *Knautio-Quercetum pubescentis*, che può essere ricondotta all'habitat di interesse comunitario prioritario 91AA "Boschi orientali di quercia bianca" della Direttiva Habitat.

Si riporta la descrizione tratta dallo studio della ZSC Boschi di San Luca e Destra Reno (Regione Emilia-Romagna 2018), si evidenzia che gran parte delle specie elencate è stata rinvenuta nell'area:

Si tratta di vegetazione boschiva supramediterranea calda, meso-xerofila, su suoli neutro-basici o moderatamente acidi. L'associazione boschiva più diffusa, sui versanti esposti a sud, è un querceto di roverella con orniello, sorbo domestico (*Sorbus domestica*), acero campestre (*Acer campestre*), carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), ciavardello (*Sorbus torminalis*), olmo campestre ed acero minore (*Acer monspessulanum*), riferibile all'associazione *Knautio-Quercetum pubescentis*. Lo strato arbustivo e lianoso è ben rappresentato e costituito da *Viburnum lantana*, *Crataegus monogyna*, *Ligustrum vulgare*, *Coronilla emerus*, *Cytisophyllum sessilifolium*, *Prunus spinosa*, *Ruscus aculeatus*, *Asparagus acutifolius*. Lo strato erbaceo è generalmente a dominanza di *Knautia purpurea*, *Silene italica*, *Ranunculus bulbosus* subsp. *bulbosus*, *Dorycnium hirsutum*, *Inula hirta*, *Ferulago campestris*.

Sono poi presenti boschi meno aridi dei precedenti, su suoli derivati da substrati meno compatti, di natura prevalentemente arenacea, riferibili alla subassociazione *cephalantheretosum* della medesima associazione. Si tratta di querceti di roverella e cerro (*Quercus cerris*), con orniello, acero campestre, sorbo domestico, carpino nero, acero opulifolium (*Acer opulifolium*). Strato arbustivo con *Cytisus sessilifolius*, *Crataegus monogyna*, *Cornus sanguinea*, *Viburnum lantana*, *Ligustrum vulgare*, *Lonicera xylosteum*, *Cornus mas*, *Pyracantha coccinea*. Strato erbaceo con *Cephalanthera damasonium*, *C. longifolia*, *Orchis purpurea*, *O. simia*, *Pimpinella saxifraga*, *Knautia purpurea*, *Sesleria insularis*. Le situazioni degradate sono generalmente con sola roverella e sono caratterizzate dalla presenza di *Bromus erectus* e *Leucanthemum vulgare*.

Nel complesso, senza entrare in analisi di dettaglio, si sottolinea come l'area sia molto ricca di biodiversità e di interesse conservazionistico, nonostante la ridotta estensione.

#### *4.5. Attività del tempo libero*

La fruizione delle aree naturali assume sempre maggiore importanza, in particolare si è osservato un aumento molto significativo a seguito dell'emergenza sanitaria da Covid-19 nelle aree facilmente raggiungibili dalle grandi città.

Anche il Bosco della Biodiversità potrebbe assumere questo ruolo, sebbene la fruizione dell'area interna sia poco agevole per la pendenza e la presenza degli arbusti.

Non è stato effettuato uno studio apposito, ma il sentiero a monte dell'area è percorso da escursionisti e all'interno viene effettuata attività venatoria. Altre attività possono essere la raccolta dei prodotti del sottobosco, quali funghi, asparagi e more.

#### *4.6. Valore economico dei servizi ecosistemici*

Sebbene sia materia per l'estimo ambientale, sarebbe forse più opportuno abbandonare il dibattito sul valore economico dei servizi ecosistemici, e quindi degli ecosistemi, e della vita in sé, per affrontare il problema socio-filosofico di una società che riconosce un Valore solo a ciò che può monetizzare, quindi comprare. I servizi ecosistemici, nel loro complesso, ci forniscono l'aria, l'acqua, il cibo, ossia le risorse necessarie alla vita umana, si può attribuire alla vita umana un prezzo?

Questa breve riflessione ha soprattutto lo scopo di centrare il problema: ossia la difficoltà di attribuire un valore economico a ciò che ha un Valore superiore all'economia. Ma la motivazione che porta a tentare la valutazione dei servizi ecosistemici risiede proprio nella necessità di porre di fronte al decisore politico un "numero" da mettere in bilancio. Per troppo tempo l'ambiente è stato considerato una risorsa illimitata, da poter consumare senza dover pagare alcun costo. Oggi appare chiaro che siamo chiamati a pagare il costo delle alterazioni ambientali in termini di salute o di catastrofi "naturali" sempre più frequenti, ma anche banalmente di spese per potabilizzare l'acqua inquinata dei fiumi o scavare pozzi sempre più profondi perché le falde si abbassano. Purtroppo, sebbene sia stato sancito il principio "chi inquina paga", risulta sempre molto difficile dimostrare il nesso causale tra attività antropiche ed effetti negativi sull'ambiente.

Il programma I-Tree (cfr. 1. Premessa) propone una stima economica del valore della rimozione degli inquinanti dall'aria, probabilmente poco applicabile ad una realtà diversa da quella statunitense, ma si può fornire il risultato del caso in esame, a puro titolo di esempio. Il costo per ogni chilogrammo di inquinanti rimosso (ozono, diossido di azoto, PM 2,5 e monossido di carbonio) è pari a 12,5 €, pertanto nel complesso ogni anno il valore del servizio ecosistemico di depurazione dagli inquinanti atmosferici del Bosco della Biodiversità è di circa 2.000 € all'anno (per 160 kg di inquinanti). Una cifra di tutto rispetto (maggiore del valore della legna presente), se ci fosse qualcuno disposto a pagarla.

Risulta quindi utile diffondere la conoscenza di alcune buone pratiche che, tramite la "vendita" di servizi ecosistemici, possano muovere delle economie virtuose finalizzate alla tutela ambientale.

Fino a pochi anni fa, il proprietario di un bosco aveva sostanzialmente un solo modo per ottenere un seppur modesto reddito dal suo bene: il taglio degli alberi, cui si aggiungeva il pascolo. In sostanza, per avere un reddito doveva sfruttare al massimo il bosco con tagli frequenti e la presenza del bestiame che andava a peggiorare ulteriormente le condizioni dell'ecosistema. Altre attività, piuttosto che un reddito, rientravano nell'economia di sussistenza, come la raccolta dei prodotti del sottobosco.

Le ricerche propongono un valore economico per molti servizi ecosistemici (cfr. [www.lifemgn-serviziosistemici.eu](http://www.lifemgn-serviziosistemici.eu)), stimati tramite la disponibilità a pagare un biglietto di accesso ad un'area naturale, un permesso di pesca o di caccia, di raccolta funghi ecc. Nel complesso si tratta di un metodo

classico di valutazione, che però è di fatto applicabile solamente a grandi territori (o singoli luoghi di grande attrattiva, che costituiscono perlopiù eccezioni).

Un servizio che ha un concreto valore economico è la produzione di selvaggina, nel Bosco della Biodiversità è presente almeno una coppia di lepri: con una media di due piccoli per parto e quattro parti all'anno, nascono otto leprotti, considerando una mortalità del 40% prima di giungere all'età cacciabile, la produzione è di circa 5 lepri all'anno (P. Viola, com. pers.); considerato un prezzo medio di 100 € a capo, il valore del servizio ecosistemico è di 500 €. Sebbene ci sia qualcuno disposto ad acquistare a tale prezzo le lepri, è necessario prima catturarle, con almeno tre interventi di cattura e almeno due/tre operatori qualificati, pertanto una volta pagate le spese di cattura il ricavo per il proprietario sarà quasi zero.

Analoghi calcoli, col medesimo risultato finale, si possono fare per gran parte dei servizi ecosistemici, come la raccolta di funghi, asparagi, more ecc. (unica eccezione è la raccolta di tartufi, che interessa però solo alcune piccole aree d'Italia). Si tratta sempre di attività agrosilvopastorali, in cui il prezzo del prodotto ripaga sostanzialmente solo il costo della manodopera.

L'unica reale eccezione, seppur con un mercato ancora limitatissimo, è rappresentata dalla "vendita dei crediti di carbonio".

I paesi aderenti al Protocollo di Kyoto (1997), e ai successivi accordi internazionali sul clima, si sono impegnati a ridurre le emissioni di diossido di carbonio (e di altri cinque gas serra). Il Protocollo prevede la possibilità di acquisire, in varie forme, permessi di emissione, ossia una sorta di "diritto ad inquinare" tramite misure compensative realizzate con progetti di riduzione di emissioni in altri paesi.

Si è così generato un vero e proprio "mercato delle emissioni", oggetto di apposita normativa europea, con quotazione monetaria delle emissioni e come unità di misura il "credito di carbonio". Il diossido di carbonio è il gas serra più abbondante in atmosfera ed è stato scelto come unità di misura delle emissioni: la tonnellata di diossido di carbonio equivalente, da cui deriva il termine "credito di carbonio".

Chi emette gas serra in misura maggiore rispetto allo standard dettato dalla normativa del Protocollo di Kyoto, ha un "debito", mentre chi emette di meno ha un "credito di carbonio". Lo scambio che si genera dovrebbe garantire il raggiungimento degli obiettivi del Protocollo di Kyoto. Il credito di carbonio si genera sia se si evita l'emissione di diossido di carbonio (es. si rinuncia a tagliare un bosco destinato a legna da ardere), sia se lo stesso diossido viene assorbito (es. piantando un nuovo bosco).

Al momento attuale, tuttavia, molti analisti ritengono che sia necessario un impegno maggiore, si è così generato un "mercato volontario" dei crediti di carbonio, in cui soggetti non sottoposti alla normativa obbligatoria del Protocollo di Kyoto, decidono volontariamente di compensare le proprie emissioni. Essendo un atto volontario, generalmente è anche indicativo di un atteggiamento complessivamente attento all'impatto ambientale: normalmente chi acquista crediti di carbonio sul mercato volontario segue un percorso virtuoso che si sviluppa dalla consapevolezza della problematica, l'analisi delle proprie emissioni (o più complessivamente dell'"impronta ecologica"), la riduzione delle stesse ed infine la compensazione tramite il mercato volontario delle emissioni rimanenti (almeno in parte). Come contropartita, chi acquista crediti di carbonio generalmente usa questa operazione per promuovere la propria immagine *green* verso il pubblico.

Allo stato attuale, lo scambio di crediti di carbonio nel mercato volontario è ancora molto limitato (per carenza di domanda) e non esiste un prezzo di riferimento, ma il prezzo si forma in ogni contrattazione. Al contrario esiste un prezzo per i crediti del mercato ufficiale, tale prezzo può essere comunque utilizzato per avere un'idea delle potenzialità del mercato; in particolare negli ultimi anni le quotazioni sono in continua crescita, da meno di 6 euro nel 2017 a oltre 35 nei primi mesi del 2021 (cfr. <https://www.sendeco2.com/it/prezzi-co2>).

Volendo applicare il prezzo corrente, pari a 35 €/tCO<sub>2</sub>, il valore dei 200 crediti di carbonio accumulati nel Bosco della Biodiversità (cfr. § 4.2 Contributo al ciclo del carbonio) sarebbe di 7.000 € (circa 3.900 €/ha di bosco), una cifra pari oltre il doppio rispetto alla vendita di tutto il bosco come legna da ardere (2.800 €, ossia il prezzo corrente di 2 €/q della legna nel bosco per i 1.400 q complessivi). Inoltre, ogni anno, il valore dei 5,1 crediti generati è pari a quasi 180 € (100 €/ha).

Questo calcolo mostra come il mercato dei crediti di carbonio possa divenire un concreto strumento per rifondere i proprietari di boschi per il mancato taglio selvicolturale, permettendo di conservare e destinare alla conservazione della biodiversità i boschi di particolare valore naturalistico, come le foreste vetuste, di cui abbiamo dieci esempi fra le faggete italiane recentemente riconosciute patrimonio UNESCO (<https://whc.unesco.org/en/list/1133/>).

*Lo scopo della vita è di vivere in accordo con la natura.  
Zenone di Cizio*

## 5. Bibliografia

- Antolini G., Auteri L., Pavan V., Tomei F., Tomozeiu R., Marletto V., 2015. *A daily high-resolution gridded climatic data set for Emilia-Romagna, Italy, during 1961-2010*. International Journal of Climatology, 2015.
- Bernetti G., 2015. *Le piante del bosco*. Compagnia delle foreste.
- Costantini E.A.C., L'Abate G., Barbetti R., Fantappiè M., Lorenzetti R., Magini S., 2012. *Carta dei suoli d'Italia, scala 1:1.000.000 (Soil map of Italy Scale 1:100.000)*. Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura - S.EL.CA. Firenze, Italia.
- Geoportale Nazionale. (s.d.). *Carta Fitoclimatica d'Italia*.
- Gomes R.R., Glienke C., Videira S.I.R., Lombard L., Groenewald J.Z., Crous P.W., 2013. *Diaporthe: a genus of endophytic, saprobic and plant pathogenic fungi*. Persoonia, 31: 1-41. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3904044/>
- ISPRA, 2009. *Carta geologica d'Italia, scala 1:50.000*
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Pignatti S., 1998. *I boschi d'Italia*. Utet
- Regione Emilia-Romagna, 2006. *Banca dati geologica, 1:10.000 - Unità geologiche - 10k*. <https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/catalogo/dati-cartografici/informazioni-geoscientifiche/geologia/banca-dati-geologica-1-10.000/layer-11>.
- Regione Emilia-Romagna, 2018. *Banca dati geologica, 1:10.000 – Frane, depositi di versanti e depositi alluvionali - 10k*. <https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/catalogo/dati-cartografici/informazioni-geoscientifiche/geologia/banca-dati-geologica-1-10.000/layer-4>.
- Regione Emilia-Romagna, 2018. *SIC-ZPS IT4050029. Boschi di San Luca e Destra Reno. Quadro conoscitivo*.
- Regione Emilia-Romagna, 2019. *DTM 5x5*. <https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/catalogo/dati-cartografici/altimetria/layer-2>.
- Regione Emilia-Romagna, 2020a. *DBTR - Curva di livello*. <https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/catalogo/dati-cartografici/cartografia-di-base/database-topografico-regionale/orografia/altimetria/layer>.
- Regione Emilia-Romagna, 2020b. *Carta Tecnica Regionale 1:5000*. Servizio Statistica e Sistemi informativi geografici della Regione Emilia-Romagna.
- Regione Emilia-Romagna, 2020c. *Ortofoto CGR 2018 RGB*. <https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/catalogo/dati-cartografici/cartografia-di-base/immagini/layer-4>.
- Regione Emilia-Romagna, 2020d. *Ortofoto CGR 2018 IR*. <https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/catalogo/dati-cartografici/cartografia-di-base/immagini/layer>.
- Renard K.G., Foster G.R., Weesies G.A., Porter J.P., 1991. *RUSLE: revised universal soil loss equation*. J. Soil Water Conserv., 46 (1): 30-33.

Staffilani F. (a cura di), 2019. *Note illustrative della Carta dell'erosione idrica attuale della regione Emilia-Romagna*. Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna.

Di Salvatore U., Ferretti F., Cantiani P., Paletto A., De Meo I., Chiavetta U., 2013. *La valutazione della multifunzionalità del bosco nella pianificazione di livello territoriale. Il caso studio della Comunità Montana del Matese (CB)*. *Annals of Silvicultural Research*, 37 (1): 45-55.

Wischmeier W.H., Smith D.D., 1978. *Prediction rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. *Agricultural Handbook*, 537:1-60.

### **Sitografia**

<https://whc.unesco.org/en/list/1133/>

<http://www.pcn.minambiente.it/mattm/>

<https://agri.regione.emilia-romagna.it/Suoli/>

<https://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/geositi/scheda.jsp?id=14>

[https://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/note\\_illustrative/214\\_Bargagli.pdf](https://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/note_illustrative/214_Bargagli.pdf)

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3904044/>

<https://www.sendeco2.com/it/prezzi-co2>

[www.lifemgn-serviziecosistemici.eu](http://www.lifemgn-serviziecosistemici.eu)