



**Nature 4.0 Società Benefit Srl**

Via della Chimica 7

01100 Viterbo (VT)

P.I. 02507200224

## **Nature 4.0 Soc. Benefit Srl**

**CALCOLO DELLA CO<sub>2</sub> POTENZIALMENTE ASSORBITA DAGLI INTERVENTI DI AFFORESTAZIONE  
DI UN'AREA INCOLTA E SOSTITUZIONE DELLE ALBERATURE NELLA PIAZZA PRINCIPALE  
COMUNE DI GRAFFIGNANO (VT)**

**Report redatto a gennaio 2023**

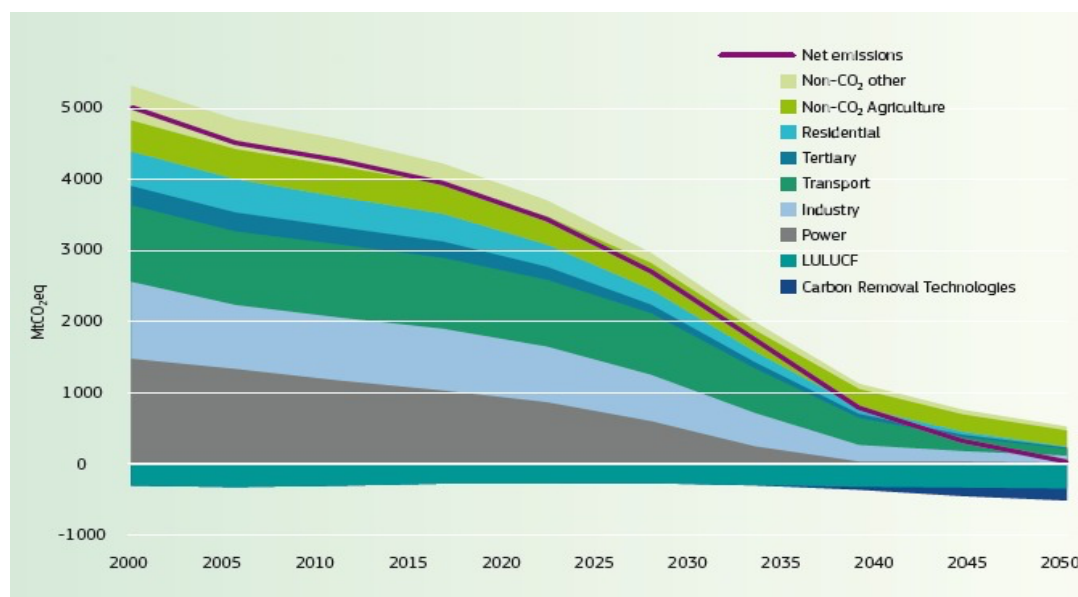
## Sommario

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Introduzione.....                                                    | 3  |
| 2. Area di progetto.....                                                | 5  |
| 2.1 Gestione delle aree.....                                            | 9  |
| 2.2 Inquadramento climatico.....                                        | 10 |
| 3. Metodologia di calcolo.....                                          | 11 |
| 3.1 Origine dei dati utilizzati .....                                   | 11 |
| 3.2 Calcolo della CO <sub>2</sub> rimossa dal rimboschimento .....      | 12 |
| 3.3 Calcolo della Baseline e del Leakage .....                          | 13 |
| 3.4 Calcolo del carbonio nella Biomassa viva (epigea ed ipogea) .....   | 13 |
| 4. Risultati .....                                                      | 15 |
| 5. Bibliografia.....                                                    | 16 |
| Bibliografia utilizzata per derivare gli incrementi medi a pianta ..... | 17 |

## 1. Introduzione

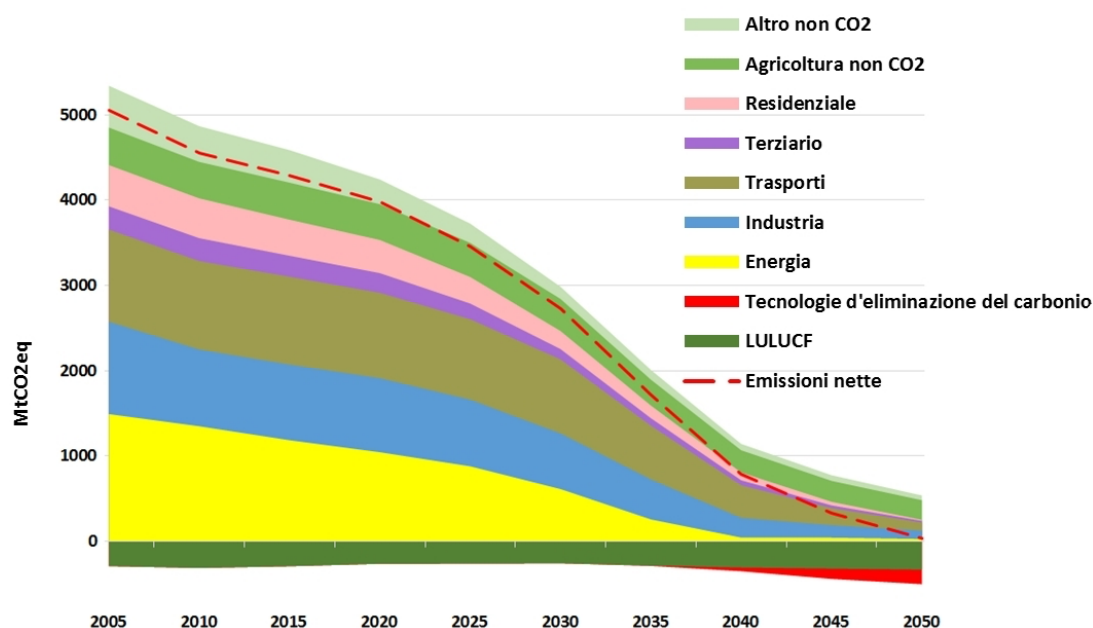
Lo strumento con cui l'Unione Europea (UE) risponde all'Accordo sul Clima di Parigi, siglato nel 2015 ed entrato in vigore il 4 novembre 2016, è rappresentato dal Green Deal, il quale pone una sfida molto ambiziosa con l'obiettivo di rendere l'Europa il primo continente “carbon neutral” entro il 2050.

Tale obiettivo si traduce nell'impegno verso la decarbonizzazione di tutto i settori economici e produttivi con un importante sforzo di riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra. Le proiezioni dei trend emissivi dei vari settori nell'ottica del raggiungimento degli obiettivi fissati dal Green Deal in ambito UE (Figura 1) mostrano infatti una tendenza all'azzeramento delle emissioni climalteranti entro il 2050. Tuttavia, le proiezioni indicano che alcuni settori (agricoltura, trasporti e industria) difficilmente raggiungeranno l'azzeramento delle emissioni, per mancanza ad oggi di effettive e adeguate soluzioni e tecnologie. Pertanto, affinché il bilancio netto dei gas serra possa essere effettivamente azzerato a livello UE, la parte residuale delle emissioni al 2050 dovrà necessariamente essere compensata dagli assorbimenti di carbonio generati dagli ecosistemi naturali e dalle foreste (settore LULUCF – Land Use, Land Use Change and Forestry) ed in parte minore dalle “Carbon Removal Technologies” tuttora oggetto di sviluppo.



**Figura 1. Proiezione dei trend emissivi a seguito degli sforzi di riduzione delle emissioni in ambito Green Deal**

Proiezioni simili sono riportate anche a livello nazionale nella strategia italiana di lungo termine per la riduzione delle emissioni, evidenziando l'importanza degli assorbimenti di carbonio da parte del comparto forestale (Figura 2).



**Figura 2. Proiezioni dei trend emissivi della strategia di lungo termine italiana**

Il contributo alla mitigazione dei cambiamenti climatici da parte degli ecosistemi terrestri, ed in particolare delle foreste, risulta dunque fondamentale al raggiungimento degli obiettivi climatici, contribuendo attivamente alla rimozione e fissazione del carbonio.

In questo contesto, impianti di afforestazione che vengono effettuati sia in ambito urbano che in ambienti naturali possono fornire un contributo importante al raggiungimento degli obiettivi legati ai cambiamenti climatici.

Lo scopo di questo studio è quello di quantificare il potenziale di mitigazione, attraverso il calcolo della CO<sub>2</sub> che potrà essere potenzialmente assorbita in 20 anni, a seguito delle seguenti attività realizzate da BAT Italia nel Comune di Graffignano (VT), già impegnato in attività di tutela ambientale:

- Sostituzione delle alberature deperenti nella piazza centrale;
- Rimboschimento con specie forestali rappresentate da latifoglie autoctone di un'area incolta.

Il calcolo degli assorbimenti potenziali è stato effettuato nel rispetto dei principi degli standard e metodologie rilevanti esistenti a livello internazionale per la quantificazione degli assorbimenti di carbonio da attività di riforestazione.

## 2. Area di progetto

L'area oggetto dell'intervento è situata nel comune di Graffignano (VT). In particolare, in base ai dati forniti dal committente, l'intervento di rimboschimento si articola in 2 aree differenti, come riportato nella seguente tabella.

| Area di intervento | LOCALITA'         | INTEVENTO                                                            | NOTE                                        |
|--------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Area 1             | Piazza del Comune | Sostituzione delle alberature di albizia con messa a dimora di gelsi | Proprietà Comune di Graffignano             |
| Area 2             | Ex discarica      | Rimboschimento di area incolta con latifoglie autoctone              | Proprietà Università Agraria di Graffignano |

### Area 1 – Piazza del Comune

L'intervento nella piazza principale di Comune di Graffignano (VT) prevede la sostituzione dell'alberatura preesistente costituita da 18 esemplari di albizia (*Albizia julibrissin*) – 9 per lato, con messa a dimora di piante giovani di gelso (*Morus alba* – varietà *platanifolia fruitless*) utilizzando piante allevate in zolla con altezza di circa 2,5 metri e circonferenza di circa 12-14 cm.

L'operazione di espianto è stata effettuata attraverso l'abbattimento e il tritramento della ceppaia, seguita dalla messa a dimora delle nuove piante di gelso nella stessa aiuola quadrata di circa 120 cm di lato.

L'intervento ha prevalentemente una finalità di valorizzazione e di ripristino del verde urbano. Infatti, le 18 piante di albizia da sostituire sono indebolite e versano in condizioni di sofferenza a causa della presenza di patogeni e marciumi che si sono insinuati anche a seguito delle ripetute capitozzature. Inoltre, la sostituzione di queste piante con individui in salute aumenta anche la potenzialità di assorbimento del carbonio e la conseguente mitigazione dei cambiamenti climatici. Infatti, considerando le contenute dimensioni attuali e la giovane età delle nuove piante messe a dimora, si può assumere che queste potranno espletare la loro massima potenzialità di assorbimento di CO<sub>2</sub> dall'atmosfera, accumulando il carbonio nella futura biomassa legnosa, almeno per i prossimi 20 anni (periodo in cui si stima che gli accrescimenti medi per pianta sia consistenti e aumentino negli anni).



**Area della piazza oggetto di intervento**



**Individui di Albizia esistenti nella piazza prima dell'intervento**



**Ceppaie dei precedenti individui di albizia**



**Nuove piante di gelso messe a dimora a sostituzione delle precedenti**

#### Area 2 – Ex discarica

L'intervento in quest'area prevede il recupero e la valorizzazione di un'area incolta attraverso la realizzazione di un rimboschimento con latifoglie autoctone.

L'intervento di rimboschimento ha interessato un'area di circa 4.500 mq, con la messa dimora di 478 piante appartenenti a specie forestali, come riportato nella seguente tabella. Tuttavia, ai fini di ottenere una stima più conservativa, anche considerando una potenziale mortalità in cui possono incorrere alcuni individui messi a dimora e l'eventualità che non tutte le fallanze vengano prontamente sostituite, l'assorbimento di carbonio è stato stimato per un numero minore di piante, pari a solo 450 (ultima colonna della seguente tabella).

| SPECIE              | QUANTITA'<br>EFFETTIVAMENTE<br>MESSA A DIMORA (n.) | QUANTITA'<br>CONSIDERATA PER<br>L'ASSORBIMENTO DI<br>CARBONIO (n.) |
|---------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Quercus cerris      | 320                                                | 320                                                                |
| Quercus pubescens   | 20                                                 | 20                                                                 |
| Quercus ilex        | 20                                                 | 20                                                                 |
| Quercus petraea     | 20                                                 | 20                                                                 |
| Celtis australis    | 20                                                 | 20                                                                 |
| Sorbus torminalis   | 10                                                 | 10                                                                 |
| Sorbus domestica    | 10                                                 | 10                                                                 |
| Acer campestre      | 10                                                 | 10                                                                 |
| Fraxinus ornus      | 10                                                 | 10                                                                 |
| Ostrya carpinifolia | 38                                                 | 10                                                                 |
| TOTALE              | 478                                                | 450                                                                |



**Localizzazione dell'area incolta oggetto di rimboschimento**



**Foto dell'area prima e dopo l'intervento**



**Dettagli dell'intervento: shelter protettivi (a sinistra) e rilascio degli individui arborei o arbustivi presenti nell'area prima dell'intervento**

L'area oggetto di intervento era stata in passato utilizzata come discarica, pertanto utilizzato prevalentemente per scopi antropici, ed è verosimile pensare che l'evoluzione naturale di quest'area avrebbe previsto nel breve e medio periodo la colonizzazione da parte di specie arbustive, quali ad esempio rovo, vitalba, etc., già presenti nell'area in questione prima dell'intervento (vedi foto) e sono nel lungo periodo, l'insediamento di specie arboree. L'effetto del rimboschimento sarà quindi quello di accelerare l'evoluzione naturale dell'area aumentando il suo potenziale di assorbimento del carbonio attraverso la messa a dimora di specie arboree autoctone. Inoltre, i pochi individui a portamento arboreo o arbustivo-legnoso già presenti nell'area prima dell'intervento, sono stati preservati e lasciati al loro posto, venendo dunque pienamente integrati nella compagine finale del rimboschimento (vedi foto), anche ai fini della tutela della biodiversità.

## **2.1 Gestione delle aree**

Le operazioni di messa dimora sono state eseguite adottando strategie sostenibili di medio periodo, al fine di garantire la massimizzazione dei risultati dell'intervento:

- Le cure colturali saranno garantite per i primi 2-3 anni, con irrigazioni di soccorso in entrambe le aree quando necessario durante i periodi di siccità più intensa e con controllo della vegetazione invadete.
- Inoltre, dopo i primi 3 anni, le cure colturali saranno comunque portate avanti dai due enti proprietari, il Comune di Graffignano e l'Università Agraria di Graffignano.
- Si cercherà di ridurre la minimo le fallanze attraverso l'utilizzo di canna di bambù come sostegno delle piante nel rimboschimento e di un tutore in legno per quelle di maggiori dimensioni nella

piazza, e attraverso l'uso di shelter (in plastica ma verranno recuperati alla fine del loro utilizzo) con la finalità di proteggere le nuove piante dal calpestio e disturbo della fauna selvatica (es. cinghiali, istrici, tassi, etc.).

Il potenziale di assorbimento del carbonio è stato valutato secondo la metodologia descritta nel Cap. 3 in entrambe le aree oggetto di intervento. Tuttavia, è importante sottolineare che nonostante la finalità principale di tale intervento sia quella di aumentare il potenziale di mitigazione dei cambiamenti climatici, gli interventi in oggetto hanno anche altri co-benefici di carattere ambientale e socio-economico, tra cui la tutela e aumento della biodiversità, l'arricchimento del valore paesaggistico, la protezione del ciclo dell'acqua, il miglioramento della qualità dell'aria e, soprattutto relativamente all'intervento in ambito urbano, il miglioramento della qualità della vita della popolazione locale, grazie alla creazione di spazi verdi fruibili e al raffrescamento degli spazi urbani dovute all'azione di mitigazione delle ondate di calore che gli alberi in condizioni ottimali di salute sono in grado di offrire.

## 2.2 Inquadramento climatico

Facendo riferimento alla classificazione climatica proposta da Köppen-Geiger (Kottek et al. 2006), la zona del Comune di Graffignano è compresa nella zona climatica **Temperato Mediterraneo – Estati Calde (Csa)**. Le caratteristiche di questa zona climatica, secondo la classificazione utilizzata sono le seguenti:

- **Temperato Mediterraneo – Estati Calde (Csa):** mese più freddo con una media superiore a 0 °C (o -3 °C), una temperatura media di almeno un mese superiore a 22 °C e almeno quattro mesi con una media superiore a 10 °C. Almeno tre volte più precipitazioni nel mese più piovoso dell'inverno rispetto al mese più secco dell'estate, e il mese più secco dell'estate riceve meno di 30 mm.

### 3. Metodologia di calcolo

#### 3.1 Origine dei dati utilizzati

I dati relativi agli incrementi medi delle varie specie arboree e arbustive, e quindi alla CO<sub>2</sub> assorbita, sono stati selezionati tramite una ricerca bibliografica della letteratura riguardante l'argomento. Per quanto riguarda le specie arboree, sono stati considerati sia articoli scientifici "peer reviewed" ottenuti utilizzando le banche dati SCOPUS e WEB OF SCIENCE, sia articoli derivanti dalla letteratura grigia e da riviste non indicizzate ottenuti tramite una ricerca con il browser GOOGLE SCHOLAR. La ricerca ha riguardato studi a livello italiano relativi alla zona climatica di interesse.

La ricerca dei dati relativi alle specie arboree ha riguardato principalmente il parametro "Incremento medio di volume" ad ettaro (o a pianta), definito come il rapporto tra il volume presente in un ettaro di una determinata tipologia forestale e l'età del popolamento, secondo la seguente formula:

$$\text{Incremento medio (Im)} \text{ (m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Volume (m}^3 \text{ ha}^{-1}\text{)}}{\text{Anni}} \quad [\text{Eq. 1}]$$

dove il "Volume" rappresenta la sostanza secca ad ettaro di una determinata tipologia forestale, mentre "Anni" rappresenta l'età del popolamento.

Per ottenere il dato medio per singola pianta, è stato considerato anche il numero medio di piante presenti in un ettaro indicato nei vari studi analizzati.

Il parametro Im è stato cercato per le principali specie forestali utilizzate comunemente negli impianti di afforestazione in Italia, con particolare riferimento alla zona (es. regione climatica) dove ricade l'impianto analizzato. In molti degli articoli analizzati non essendo presente il dato relativo all'incremento medio, sono stati ricavati altre tipologie di dati utili al suo calcolo, come il volume e l'età del popolamento, oppure dati necessari per calcolare il volume ad ettaro (es. diametro e altezza delle piante) nonché l'età del popolamento e il numero di piante ad ettaro. Di conseguenza, il volume delle piante è stato calcolato attraverso le tavole alsometriche proposte da Tabacchi et al. (2011), utilizzate correntemente per il calcolo del volume delle principali specie forestali italiane. Il dato di incremento medio ad ettaro è stato trasformato in incremento medio a pianta sulla base del numero di piante presente ad ettaro derivante dagli studi considerati. Dove non erano presenti dati relativi agli accrescimenti delle specie utilizzate nello specifico rimboschimento, sono stati utilizzati dati di specie che presentano un accrescimento simile, sia in termine di portamento che di velocità di accrescimento.

### 3.2 Calcolo della CO<sub>2</sub> rimossa dal rimboschimento

La metodologia utilizzata per il calcolo della CO<sub>2</sub> rimossa dal rimboschimento è conforme alle metodologie di calcolo riportate dalle Linee Guida dell'IPCC (2006). Le Linee Guida IPCC richiedono che, come primo passo, venga valutata la rimozione della CO<sub>2</sub> che si sarebbe comunque assorbita dall'area in esame qualora non fosse stato realizzato l'intervento. Tale quantità di CO<sub>2</sub> assorbita, non imputabile all'intervento di rimboschimento (*baseline*), andrebbe quindi considerata nel bilancio complessivo della CO<sub>2</sub> rimossa a seguito dell'intervento. Con il termine "*baseline*" si intende quindi la somma delle variazioni (bilancio) del carbonio nel caso il progetto non venga realizzato e rappresenta il termine di riferimento per valutarne l'opportunità e gli effetti. Esso è quindi la somma dei cambiamenti degli *stock* di carbonio nei *pool* (biomassa viva, biomassa morta, suolo) considerati all'interno dei confini di progetto che avrebbero avuto luogo in assenza delle attività del progetto (Perugini 2005).

Altro parametro che richiede di essere valutato è il "*leakage*". Con il termine "*leakage*" si intendono le emissioni di gas ad effetto serra "GHG" che avvengono fuori dei confini dell'area del progetto ma che sono diretta conseguenza della sua implementazione.

Si avrà pertanto che gli assorbimenti di CO<sub>2</sub> imputabili all'intervento di afforestazione ( $C_{\text{ACTUAL}}$ ) risultano pari al bilancio netto del carbonio rimosso dalla vegetazione meno il bilancio dello scenario di *baseline*, meno il *leakage* (Marchesini e Valentini 2005).

I pools di carbonio che vengono considerati dalle Linee guida IPCC (2006) in un ecosistema forestale sono: a) biomassa viva epigea, b) biomassa viva ipogea, c) la biomassa morta o necromassa, d) la lettiera, e e) il carbonio nel suolo. Ai fini di questo studio vengono considerati solamente i cambiamenti che si verificano nel pool della biomassa viva, sia epigea che ipogea. In via conservativa, in questo studio non sono stati inclusi i pool del legno morto, della lettiera e del suolo, a causa della mancanza di dati specifici a livello locale. In particolare, il suolo forestale rappresenta solitamente un interessante sink di carbonio, tuttavia in questo calcolo gli assorbimenti di carbonio che sarebbero avvenuti nel suolo non sono stati stimati, ipotizzando che tale assorbimento possa essere utilizzato a fini compensativi delle eventuali emissioni di gas ad effetto serra "GHG" che avvengono fuori dei confini dell'area del progetto, come ad esempio le emissioni prodotte in vivaio per la produzione dei semenzali o quelle dovute al trasporto delle piantine fino alle aree di intervento (si veda par. 3.3).

Si avrà pertanto:

$$C_{\text{ACTUAL}} = \Delta C - \text{Baseline} - \text{Leakage} \quad [\text{Eq. 2}]$$

dove:

$C_{\text{ACTUAL}}$  = assorbimento netto di carbonio dell'impianto di afforestazione (espresso in Mg CO<sub>2</sub>eq);

$\Delta C$  = somma delle variazioni degli stock di carbonio nei diversi comparti dell'ecosistema

### 3.3 Calcolo della Baseline e del Leakage

Le piante da sostituire nella piazza principale, soggette a capitozzatura frequente, si presentano in uno stato di deperimento e scarsa vigoria, che lascia presupporre scarsi accrescimenti legnosi e conseguente limitato assorbimento di carbonio. Dunque, si può ipotizzare che l'ipotesi alternativa alla realizzazione dell'intervento di sostituzione, sia il deperimento definitivo delle piante presenti.

Invece, l'area su cui è stato effettuato l'intervento di piantumazione si presenta come un'area incolta, con vegetazione erbacea a tratti arbustiva. Facendo riferimento agli approcci segnalati per la definizione della baseline si può ipotizzare che l'ipotesi alternativa alla realizzazione dell'intervento sia l'abbandono dell'area. Tale abbandono avrebbe portato ad un primo periodo di degrado caratterizzato dall'ingresso di specie invasive, eventualmente non autoctone, mentre l'affermazione spontanea di una vegetazione in equilibrio con le condizioni ambientali richiederebbe un lungo periodo. Si può quindi plausibilmente ritenere che il bilancio del carbonio in assenza di un intervento di rimboschimento sarebbe stato sostanzialmente nullo.

Si può quindi ipotizzare che i valori della *baseline* in entrambe le aree oggetto di intervento non si discosti in modo sostanziale da zero. Altre ipotesi come la cessione delle aree in esame o un'altra destinazione d'uso non possono essere considerate realistiche.

Per quanto riguarda il *leakage*, si può confidentemente ipotizzare che eventuali emissioni di gas ad effetto serra "GHG" che avvengono fuori dei confini dell'area del progetto, come ad esempio le emissioni prodotte in vivaio per la produzione dei semenzali o quelle dovute al trasporto delle piantine fino alle aree di intervento, siano pari agli assorbimenti di carbonio che sarebbero avvenuti nel suolo e che in via conservativa non sono stati qui calcolati.

### 3.4 Calcolo del carbonio nella Biomassa viva (epigea ed ipogea)

Lo sviluppo della biomassa epigea (fusti, rami principali, cortecce, rami fini, ecc.) nel corso del turno viene stimato utilizzando, per le diverse specie che compongono il soprassuolo, tassi realistici di accrescimento tipici dell'area in esame, e che tengano quindi conto delle condizioni stazionali locali. Si tratta in genere di dati riferiti ai soli fusti e pertanto si rende necessario, per una valutazione del contributo dei rami, e, in particolare, della ramificazione principale, l'utilizzo di un coefficiente sintetico detto "Biomass expansion factor" (BEF) che a partire dal volume dei fusti fornisce una stima della biomassa epigea complessiva incluso foglie e corteccia (Sabaté et al. 2008).

I valori di BEF utilizzati in questo studio sono quelli riportati nell'Inventario Nazionale delle Emissioni e degli Assorbimenti (NIR 2022) per le principali specie e/o formazioni forestali italiane (si veda per maggiore dettaglio la Tabella 1A in Appendice). La biomassa viva epigea viene calcolata secondo la seguente formula:

$$\text{Biomassa Epigea (Mg ha}^{-1}\text{)} = (I \times D \times \text{BEF}) \quad [\text{Eq. 3}]$$

dove

I = incremento medio annuo dei fusti in m<sup>3</sup> a pianta per anno;

D = densità basale del legno in Mg m<sup>-3</sup>;

BEF = Biomass expansion factor o fattore di espansione della biomassa adimensionale.

Il contenuto in sostanza secca (s.s.) nella biomassa è determinato moltiplicando il volume della componente epigea del soprassuolo per la densità basale (D). Questa è definita come il rapporto tra il peso allo stato secco e il volume allo stato fresco. Poiché i valori di densità basale variano al variare della specie sono stati considerati i valori di densità basale di specie forestali in Italia come riportato dal NIR (2021).

Il contenuto di carbonio o “carbon fraction” (CF) nella sostanza secca è pari a circa 0.475 del totale, come proposto da Magnussen e Reed (2004), mentre l’assorbimento di CO<sub>2</sub> conseguente è determinato sulla base del rapporto tra il peso molecolare della CO<sub>2</sub> e il peso atomico del carbonio (44/12). Il valore unitario verrà quindi moltiplicato per l’estensione dell’area di intervento A, avente caratteristiche omogenee:

$$\text{CO}_2 \text{ Biomassa Epigea} = N \times \text{Biomassa Epigea} \times \text{CF} \times 44/12 \quad [\text{Eq. 4}]$$

dove:

N = numero di piante dell’area di progetto;

Biomassa Epigea = Biomassa ottenuta con l’Equazione 1;

CF = Carbon Fraction della sostanza secca (0.475 adimensionale);

44/12 = rapporto tra il peso molecolare della CO<sub>2</sub> e il peso atomico del carbonio.

Analogamente si opera per la stima della biomassa viva ipogea, ovvero gli apparati radicali. La stima della biomassa ipogea è quindi legata alla determinazione preliminare della biomassa epigea e dipende, in particolare, dal rapporto R (root/shoot) riportato in Tabella 2A in Appendice.

#### 4. Risultati

L'elaborazione dei dati forniti dal committente ha permesso di considerare l'assorbimento di CO<sub>2</sub> da parte delle 450 piante di specie legnose messe a dimora in un'area incolta e di 18 piante di gelso messe a dimora nella piazza principale del Comune di Graffignano.

I risultati della CO<sub>2</sub> che verrà potenzialmente rimossa nei prossimi 20 anni dagli alberi messi a dimora nelle aree di intervento sono riportati in Tabella 1. Tali dati evidenziano come **la biomassa legnosa delle 468 (450+18) piante sia in grado di rimuovere in 20 anni 64 tonnellate (o Mg) di CO<sub>2</sub> nella componente epigea ed ipogea.**

La potenzialità di accumulo di CO<sub>2</sub> che viene rimossa dall'atmosfera e stoccata come carbonio organico nelle piante è stata valutata su un arco temporale di 20 anni, in quanto dopo tale periodo, gli accrescimenti medi per pianta tendono a diminuire rapidamente, e quindi un utilizzo dell'incremento medio per avere proiezioni di periodi più lunghi porterebbe ad una sovrastima della CO<sub>2</sub> rimossa dall'intervento.

**Tabella 1. CO<sub>2</sub> potenzialmente rimossa in 20 anni dagli interventi previsti di rimboschimento e sostituzione delle piante nella piazza centrale del Comune di Graffignano (VT)**

| SPECIE              | QUANTITA' n. | Carbonio epigeo Mg CO <sub>2</sub> | Carbonio ipogeo Mg CO <sub>2</sub> | Carbonio totale Mg CO <sub>2</sub> |
|---------------------|--------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Gelso               | 18           | 0,53                               | 0,13                               | 0,66                               |
| Quercus cerris      | 320          | 45,37                              | 10,89                              | 56,26                              |
| Quercus pubescens   | 20           | 1,49                               | 0,30                               | 1,79                               |
| Quercus ilex        | 20           | 1,12                               | 0,22                               | 1,34                               |
| Quercus petraea     | 20           | 1,49                               | 0,30                               | 1,79                               |
| Celtis australis    | 20           | 0,59                               | 0,14                               | 0,73                               |
| Sorbus torminalis   | 10           | 0,59                               | 0,14                               | 0,73                               |
| Sorbus domestica    | 10           | 0,59                               | 0,14                               | 0,73                               |
| Acer campestre      | 10           | 0,29                               | 0,07                               | 0,36                               |
| Fraxinus ornus      | 10           | 0,09                               | 0,02                               | 0,11                               |
| Ostrya carpinifolia | 10           | 0,29                               | 0,07                               | 0,36                               |
| <b>TOTALE</b>       | <b>468</b>   | <b>52</b>                          | <b>12</b>                          | <b>64</b>                          |

## 5. Bibliografia

- Canaveira P, Manso S, Pellis G, Perugini L, De Angelis P, Neves R, Papale D, Paulino J, Pereira T, Pina A, Pita G, Santos E, Scarascia-Mugnozza G, Domingos T, and Chiti T (2018). Biomass Data on Cropland and Grassland in the Mediterranean Region. Final Report for Action A4 of Project MediNet. <http://www.lifemedinet.com/>
- Cutini A (2002) Litterfall and Leaf Area Index in the CONECOFOR Permanent monitoring Plots Mosello, R., B. Petriccione and A. Marchetto (Guest Editors) - Long-term ecological research in Italian forest ecosystems, J. Limnol., 61 (Suppl. 1): pp. 62-68
- Griscom BW, Adams J, Ellis PW, Houghton RA, Lomax G, Miteva DA, Schlesinger WH, Shoch D, Siikamäki JV, Smith P, Woodbury P, Zganjar C, Blackman A, Campari J, Conant RT, Delgado C, Elias P, Gopalakrishna T, Hamsik MR, Herrero M, Kiesecker J, Landis E, Laestadius L, Leavitt SM, Minnemeyer S, Polasky S, Potapov P, Putz FE, Sanderman J, Silvius M, Wollenberg E, Fargione J (2017) Natural climate solutions. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 114:11645-11650
- IPCC (2006) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. Volume 4 AFOLU, Chapter 2 P. 2.29. ISRIC/FAO (2002) Procedures for soil analysis, 6th edn, Tech. Pa. 9, ISRIC, Wageningen
- Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F (2006) World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorol. Z., 15, 259-263. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130
- Magnussen S, Reed D 2004 Modelling for Estimation and Monitoring (FAO-IUFRO, 2004)
- Marchesini LB, Valentini R (2005) Il mercato dei crediti di carbonio in europa: potenzialità per il settore agricolo – forestale italiano. Università della Tuscia, Giugno 2005
- National Inventory Report (NIR) (2021) Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2019. Institute for Environmental Protection and Research (ISPRA), Rome. Italy, pp. 609
- Perugini L (2005) Analisi di progetti di rimboschimento nell'ambito del Clean Development Mechanism (CDM) del Protocollo di Kyoto. Tesi di Dottorato di ricerca in ecologia forestale, Università della Tuscia, Anno Accademico 2005, pp. 246. [http://dspace.unitus.it/bitstream/2067/79/1/lperugini\\_tesid.pdf](http://dspace.unitus.it/bitstream/2067/79/1/lperugini_tesid.pdf)
- Rockström J, Gaffney O, Rogelj J, Meinshausen M, Nakicenovic N, Schellnhuber HJ (2017) A roadmap for rapid decarbonization. Science 355 (6331): 1269-1271
- Sabaté S, Gracia C, Vayreda R, Ibáñez J 2008. Differences among species in aboveground biomass expansion
- Tabacchi G, Di Cosimo L, Gasparini P, Morelli S (2011) Stima del volume e della fitomassa delle principali specie forestali italiane. Equazioni di previsione, tavole del volume e tavole della fitomassa arborea epigea. Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale. Trento. (412 pp)
- UNFCCC (2015) Adoption of the Paris Agreement. Document no. FCC/CP2015/L.9/Rev.1, United Nations, NY, USA, pp. 32

## **Bibliografia utilizzata per derivare gli incrementi medi a pianta**

1. Bagnaresi U (2000) Indagini sugli impianti arborei non da frutto (esclusi i pioppeti) effettuati con finanziamenti pubblici nella pianura emiliano-romagnola. <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/parchi-natura2000/foreste/le-foreste-dellemiliana-romagna/articoli-e-contributi/indagini/arboric.pdf/@download/file/arboric.pdf>
2. Corona P, Costanza M, Lamonaca A (2004) Rimboschimenti in ambito periurbano presso Roma. Sherwood, 100: 31-37
3. Minotta G, Degioanni D (2009) Indagine su popolamenti di neoformazione a prevalenza di farnia (*Quercus robur* L.) in ex-coltivi della Val Rilate (prov. di Asti). In: VII Congresso Nazionale SISEF “Sviluppo e adattamento, naturalità e conservazione: opportunità per un sistema forestale in transizione (Università degli Studi del Molise, Isernia - Pesche (IS), 29 Settembre - 3 Ottobre 2009), Abstract-book, Contributo #c07.7.19. - [online] URL: <https://congressi.sisef.org/?action=paper&id=1202>
4. Zampighi C, Gasparini C (2006) Esempi di arboricoltura da legno con farnia in Pianura Padana, Alberi e Territorio N. 6: 37-41
5. Pra A, Brotto L, Mori P, Buresti E, Polato R, Pettenella (2016) Reddittività finanziaria delle piantagioni da legno. Sherwood | 222 Ottobre - Novembre 2016
6. Piano Generale di Indirizzo Forestale Provincia di Cremona (2011) Manuale di Arboricoltura [http://files.provincia.cremona.it/PIF\\_2011/quaderni\\_e\\_azioni/manuale\\_arboricoltura.pdf](http://files.provincia.cremona.it/PIF_2011/quaderni_e_azioni/manuale_arboricoltura.pdf)
7. Bergante S, Facciotto G (2006) Impianti annuali, biennali, quinquennali. Produttività e costi in alcune realtà del Nord Italia. Sherwood N.128
8. Castellani P (1980) Tavole Stereometriche ed alsometriche costruite per boschi italiani. Annali dell'Istituto Sperimentale per l'Assessment Forestale e per l'Alpicoltura. Vol. VI. N° 3 (Speciale)
9. Quatrini V, Mattioli W, Romano R, Corona P (2017) Caratteristiche produttive e gestione dei cedui in Italia. L'Italia Forestale e Montana / Italian Journal of Forest and Mountain Environments. 72 (5): 273-313, 2017. doi: 10.4129/ifm.2017.5.01
10. Cutini A, Giannini T (2009) Effetti della consociazione con *Alnus cordata* sulla funzionalità di impianti di noce comune (*Juglans regia* L.) sottoposti a diradamento Forest@ 6: 29-38
11. Magnani F, Grassi G, Tonon G, Cantoni L, Ponti F, Vicinelli E, Boldreggini P, Nardino M, Georgiadis T, Facini O, Rossi F (2005) Quale ruolo per l'arboricoltura da legno italiana nel protocollo di Kyoto? Indicazioni da una "Kyoto forest" della pianura emiliana. Forest@ 2 (4): 333-344
12. Spinelli R, Magagnotti N (2006). La raccolta della biomassa forestale in Friuli-Venezia Giulia. Valorizzazione energetica delle risorse forestali della montagna del Friuli-Venezia Giulia. Atti del convegno del convegno /29 aprile 2006/tarcento. Interreg IIIa Italia-Slovenia 2000-2006
13. Tani A, Maltoni A, Mariotti B, Buresti Lattes E (2006) Gli impianti da legno di *Juglans regia* realizzati nell'area mineraria di S. Barbara (AR). Valutazione dell'effetto di piante azotofissatrici accessorie. Forest@ 3 (4): 588-597
14. Gemignani G (1970) Yield table of even-aged *Quercus cerris* stands of Macchia Grande di Manziana (RM). Annali ISAFA

15. Patrone G (1951) Piano di assestamento dei boschi del Comune di Carovilli. L'Italia Forestale e Montana 6 (4): 157-172
16. Gualdi V (1974) I turni per l'assestamento delle fustaie di cerro del Gargano. Annali Accademia di Scienze Forestali 23: 373-390
17. Comune di Milano. Piano di Assestamento forestale di Boscoincittà (1996-2010)
18. Consorzio Parco Groane: Piano di Assestamento Forestale dei Boschi dei Comuni di Cesate e Lambiate (1998 – 2007)
19. Consorzio Parco Valle del Lambro. Piano di Assestamento forestale dei Boschi del Parco di Monza (2002 - 2016)
20. Buresti E, Mori P (2000) Arboricoltura da legno nella Provincia di Arezzo. Prime indicazioni per una produzione di pregio. Provincia di Arezzo. Compagnia delle Foreste
21. Regione Emilia-Romagna a cura del Servizio Parchi e Risorse Forestali (2006) Inventario Forestale Regionale. Risultati finali
22. Nocentini S, Puletti N (2009) La rinaturalizzazione dei rimboschimenti. Prova sperimentale su un popolamento di pino nero e laricio. Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. DOI: 10.4129/CNS2008.028
23. Pelleri F, Giulietti V (2007) Gli acero-frassineti una risorsa da valorizzare: prime esperienze nelle Prealpi vicentine [WWW Document]. URL [http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/waldbau/standort/wsl\\_aceri\\_frassineti/index\\_IT](http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/waldbau/standort/wsl_aceri_frassineti/index_IT)

## APPENDICE

**Tabella 1A** – Fattori di espansione della biomassa e densità di base del legno

| Specie             | BEF                                           | WBD                              |
|--------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------|
|                    | <i>Biomassa epigea /stock<br/>di crescita</i> | <i>Peso secco/ Volume fresco</i> |
| <i>Fustaia</i>     | Abete Rosso                                   | 1.29                             |
|                    | Abete Bianco                                  | 1.34                             |
|                    | Larice                                        | 1.22                             |
|                    | Pini Montani                                  | 1.33                             |
|                    | Pini Mediterranei                             | 1.53                             |
|                    | Altre conifere                                | 1.37                             |
|                    | Faggio                                        | 1.36                             |
|                    | Cerro                                         | 1.45                             |
|                    | Altre Querce                                  | 1.42                             |
|                    | Altre Latifoglie                              | 1.47                             |
|                    | Faggio                                        | 1.36                             |
| <i>Ceduo</i>       | Castagno                                      | 1.33                             |
|                    | Carpino                                       | 1.28                             |
|                    | Altre Querce                                  | 1.39                             |
|                    | Cerro                                         | 1.23                             |
|                    | Querce sempreverdi                            | 1.45                             |
|                    | Altre Latifoglie                              | 1.53                             |
|                    | Conifere                                      | 1.38                             |
| <i>Piantagioni</i> | Ceduo di eucalipto                            | 1.33                             |
|                    | Ceduo di altre latifoglie                     | 1.45                             |
|                    | Pioppeti                                      | 1.24                             |
|                    | Altre Latifoglie                              | 1.53                             |
|                    | Conifere                                      | 1.41                             |
|                    | Altro                                         | 1.46                             |
| Foreste Ripariali  | 1.39                                          | 0.41                             |

**Tabella 2A** – Rapporto Root to Shoot e densità di base del legno

|                    | <b>Specie</b>             | <b>R</b>                | <b>WBD</b>                         |
|--------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------------------|
|                    |                           | <i>Root/shoot ratio</i> | <i>Peso secco t/ volume fresco</i> |
| <i>Fustaia</i>     | Abete Rosso               | 0.29                    | 0.38                               |
|                    | Abete Bianco              | 0.28                    | 0.38                               |
|                    | Larice                    | 0.29                    | 0.56                               |
|                    | Pini Montani              | 0.36                    | 0.47                               |
|                    | Pini Mediterranei         | 0.33                    | 0.53                               |
|                    | Altre Conifere            | 0.29                    | 0.43                               |
|                    | Faggio                    | 0.20                    | 0.61                               |
|                    | Cerro                     | 0.24                    | 0.69                               |
|                    | Altre Querce              | 0.20                    | 0.67                               |
|                    | Altre Latifoglie          | 0.24                    | 0.53                               |
| <i>Ceduo</i>       | Faggio                    | 0.20                    | 0.61                               |
|                    | Castagno                  | 0.28                    | 0.49                               |
|                    | Carpino                   | 0.26                    | 0.66                               |
|                    | Altre Querce              | 0.20                    | 0.65                               |
|                    | Cerro                     | 0.24                    | 0.69                               |
|                    | Querce sempreverdi        | 1.00                    | 0.72                               |
|                    | Altre latifoglie          | 0.24                    | 0.53                               |
|                    | Conifere                  | 0.29                    | 0.43                               |
| <i>Piantagioni</i> | Cedui di Eucalipto        | 0.43                    | 0.54                               |
|                    | Altri cedui di latifoglie | 0.24                    | 0.53                               |
|                    | Pioppeti                  | 0.21                    | 0.29                               |
|                    | Altre Latifoglie          | 0.24                    | 0.53                               |
|                    | Altre conifere            | 0.29                    | 0.43                               |
|                    | Altre                     | 0.28                    | 0.48                               |
|                    | Foreste Ripariali         | 0.42                    | 0.52                               |