
**Stima *ex ante*, *ex post* e di nuovo impianto del sequestro
di CO₂ e di inquinanti atmosferici della vegetazione
del PRU IP6 Ospizio in via Emilia Ospizio
Reggio Emilia.**



Report a cura dei ricercatori IBE-CNR

Cinza De Benedictis, Rita Baraldi, Luisa Neri

Indice	pag.
1. Premessa	3
2. Metodologia applicata	6
3. Risultati	7
3.1 <i>Ex ante</i>	7
3.2 <i>Ex post</i>	12
3.3 Nuovo impianto	14
4. Conclusioni	21
5. Bibliografia	23

1. Premessa

Con questo studio il gruppo di ricerca “Fitorimedio e mitigazione ambientale” dell’Istituto per la BioEconomia del Consiglio Nazionale delle Ricerche di Bologna (IBE-CNR) si è occupato, attraverso l’utilizzo di misure biometriche e modelli previsionali, della caratterizzazione delle specie arboree e arbustive già presenti nel comparto verde e quelle della nuova progettazione (Fig. 1), stimandone i servizi ecosistemici ed eventuali disservizi che esse forniscono nella mitigazione ambientale, in particolare nel sequestro di anidride carbonica (CO₂), nella rimozione potenziale di inquinanti gassosi e del particolato atmosferico.



Figura 1. Inquadramento dell’area di intervento.

Più precisamente sono stati stimati alcuni dei più importanti servizi ecosistemici che gli alberi presenti svolgono durante la loro vita biologica, quali:

Sequestro e accumulo della CO₂: le piante, attraverso il processo della fotosintesi fondamentale per la loro crescita e sopravvivenza, sono in grado non solo di sequestrare in modo diretto uno dei principali gas serra, la CO₂, dall’aria assorbendola attraverso le aperture stomatiche delle foglie, ma anche di immagazzinarla nei propri tessuti (radici, germogli e rami) sotto forma di biomassa. Durante il processo fotosintetico si libera l’ossigeno.

Produzione di O₂: la produzione di ossigeno è uno dei vantaggi più comunemente citato degli alberi, urbani e non. La produzione annuale di O₂ di una pianta è direttamente correlata alla quantità di carbonio sequestrato dall'albero stesso, che è legato all'accumulo della biomassa. Tuttavia, questo beneficio ha un impatto limitato perché in atmosfera l'ossigeno è stabile e presente in quantità elevate, inoltre i sistemi acquatici contribuiscono ampiamente alla sua produzione; dunque, nell'atmosfera è presente un'enorme riserva di ossigeno. Se tutte le riserve di combustibile fossile, tutti gli alberi e tutta la materia organica nei suoli fossero stati bruciati, l'ossigeno atmosferico scenderebbe solo di qualche punto percentuale (Broecker 1970).

Rimozione degli inquinanti atmosferici: con un processo simile all'assorbimento della CO₂, le piante possono agire come veri e propri filtri biologici in quanto, grazie alle caratteristiche micro-morfologiche delle foglie (peli, stomi, cere ecc.), possono assorbire anche inquinanti gassosi come l'ozono (O₃), molto pericoloso per la salute in quanto provoca danni all'apparato respiratorio e circolatorio, il biossido di azoto e di zolfo (NO₂, SO₂), e intrappolare e trattenere sulla superficie fogliare il particolato atmosferico (PM10 e PM2,5), così dannoso per le malattie croniche-acute che può provocare a carico dell'apparato cardiovascolare e respiratorio.

Emissione di composti organici volatili (VOC): La vegetazione urbana può emettere idrocarburi volatili con eventuali effetti sulla qualità dell'aria e sul benessere umano. Essendo composti fotochimicamente reattivi nell'atmosfera, possono infatti ridurre o implementare i livelli di ozono atmosferico, gas dannoso per la salute, in funzione della concentrazione degli NO_x emessi dalle attività antropogeniche. Alcuni studi sugli impatti degli alberi urbani sull'ozono hanno dimostrato che l'aumento della copertura verde, in particolare con specie a bassa o media emissione di VOC, porta a una riduzione delle concentrazioni di ozono nelle città perché l'O₃ viene assorbito dalle piante e non viene ulteriormente formato per reazione tra VOC e NO_x se le concentrazioni di quest'ultimo gas sono limitate (Nowak 2000). Inoltre, i composti volatili e soprattutto i monoterpeni, producono benefici sulla salute umana e soprattutto sul rilassamento psicofisico diminuendo ansia e depressione, soprattutto nelle foreste (terapia forestale) e, seppur in misura generalmente inferiore, anche nei parchi urbani, dove la concentrazione dei monoterpeni è generalmente più bassa rispetto alle foreste (Meneguzzo et al., 2021, Donelli et al., 2023).

Riduzione del ruscellamento superficiale: il ruscellamento o deflusso superficiale può essere motivo di preoccupazione in molte aree urbane in quanto può contribuire all'inquinamento di corsi d'acqua, fiumi e laghi oltre a causare danni alle infrastrutture e alle persone. Infatti, durante gli eventi di precipitazione una parte dell'acqua viene intercettata dalla vegetazione (alberi e arbusti) mentre l'altra parte raggiunge il suolo. La porzione di precipitazione che raggiunge il terreno e non vi si

infiltra diventa deflusso superficiale (Hirabayashi 2012). Gli alberi e gli arbusti sono utili nel ridurre il deflusso superficiale perché intercettano le precipitazioni, mentre i loro apparati radicali promuovono l'infiltrazione e lo stoccaggio nel suolo delle acque piovane.

Con riferimento all'elaborato di rilievo e progetto 4.3-“Planimetria di raffronto del verde con individuazione delle essenze esistenti da mantenere, da abbattere e di nuovo impianto”, i dati quantitativi degli alberi in termini di numero sono i seguenti:

STATO EX-ANTE

- numero alberi esistenti totali all'interno del comparto = 322 alberi;
- di cui numero 104 alberi all'interno dei Lotti n° 4 e n° 5, non oggetto del presente studio poiché non vengono modificati;

Per lo stato EX-ANTE, il presente studio si riferisce ai soli contributi dei 208 alberi esistenti, non considerando i contributi dei 104 alberi esistenti non modificati nei Lotti n°4 e n° 5.

STATO EX-POST E DI NUOVO IMPIANTO ALL' INTERNO DEL COMPARTO

- alberi esistenti da mantenere = 224 alberi;
- numero alberi da abbattere = 98 alberi;
- numero alberi di nuovo impianto = 371 alberi;
- totale alberi all'interno del comparto = 595 alberi;

Oltre a numero 657 alberi di nuovo impianto esterni in adiacenza al comparto, per complessivi numero 1.252 alberi (+930 alberi rispetto al numero di alberi esistenti).

Per lo stato EX-POST, il presente studio si riferisce ai soli contributi dei nuovi 371 alberi di nuovo impianto all'interno del comparto.

Metodologia applicata

Per la stima della mitigazione è stato utilizzato un modello di calcolo statunitense i-Tree Eco v 6.0.38 realizzato alla fine degli anni '90 come UFORE (Urban Forest Effects) e implementato e aggiornato dal Servizio Foreste del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti d'America (USDA) anche con il supporto del gruppo di ricerca IBE-CNR allo scopo di poter essere contestualizzato nelle condizioni microclimatiche e di qualità dell'aria di diversi contesti territoriali italiani. Il modello utilizza diversi algoritmi che considerano i dati strutturali (altezza e diametro del fusto, dimensioni della chioma, ecc.) e quelli dell'inquinamento atmosferico e delle condizioni micrometeorologiche locali. Poiché l'applicazione del modello permette di valutare gli effetti del verde sulla qualità dell'aria, esso può essere impiegato per analizzare diversi scenari e ipotesi di intervento, e quindi può costituire un utile supporto alle decisioni sulla gestione del verde.

Per utilizzare il modello è stato costituito un database delle piante presenti e di futuro impianto nell'area dell'ex Ospizio che contiene le seguenti informazioni fornite dagli agronomi che costituiscono gli input necessari per l'inizializzazione del modello:

- Nome scientifico della pianta
- Altezza
- Diametro del fusto a petto d'uomo (DBH = 1.3 m dal suolo)
- Dimensione e condizione della chioma
- Esposizione

Il modello i-Tree Eco acquisisce autonomamente i dati meteorologici e di qualità dell'aria in base alla locazione del sito in analisi fornita dai ricercatori IBE: in questo caso l'annata scelta è il 2015, anno in cui sono disponibili tutti i dati necessari alla stima.

3. Risultati

3.1. *Ex ante*



Figura 2. Area oggetto dello studio *ex ante*

Nell'area di intervento, la situazione attuale (Fig. 2) vede la presenza di **208 alberi vivi appartenenti a 27 specie** (Tab. 1 e 6). Nel grafico sono riportate le specie più rappresentative (Fig. 3): *Tilia tomentosa*, con il 20% delle piante totali (42 esemplari), *Ulmus minor* (12%, 24 esemplari), *Platanus x acerifolia* (11% con 23 alberi), *Aesculus hippocastanum* e *Juglans nigra* (entrambe al 10% con 21 piante ciascuna).

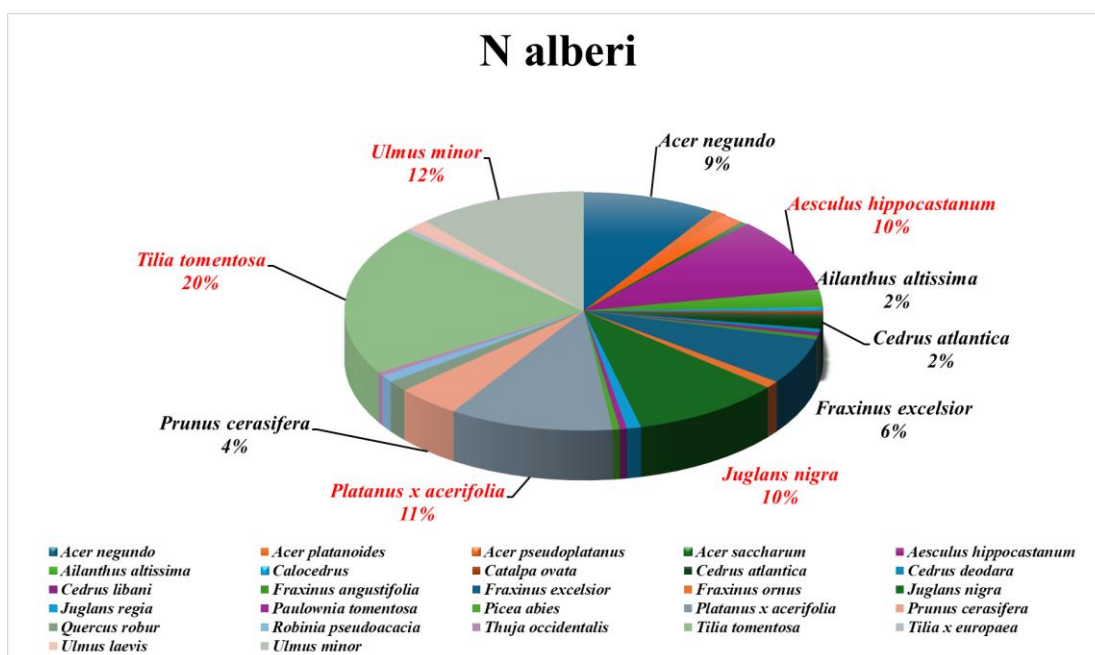


Figura 3. Percentuale delle specie presenti attualmente nell'area di intervento (208 piante). Nel grafico sono riportate solo le specie con percentuali superiori al 2%.

Gli alberi presenti sequestrano ca. **8 t di CO₂ all'anno**; in dettaglio, circa il 60% è sequestrato da 5 specie, olmi (*Ulmus minor*, 13%), platani, tigli, frassini e noci (*Tilia tomentosa*, *Platanus x acerifolia*, *Fraxinus excelsior* e *Juglans nigra*, 12% ciascuno) (Fig. 4, Tab. 1 e 6).

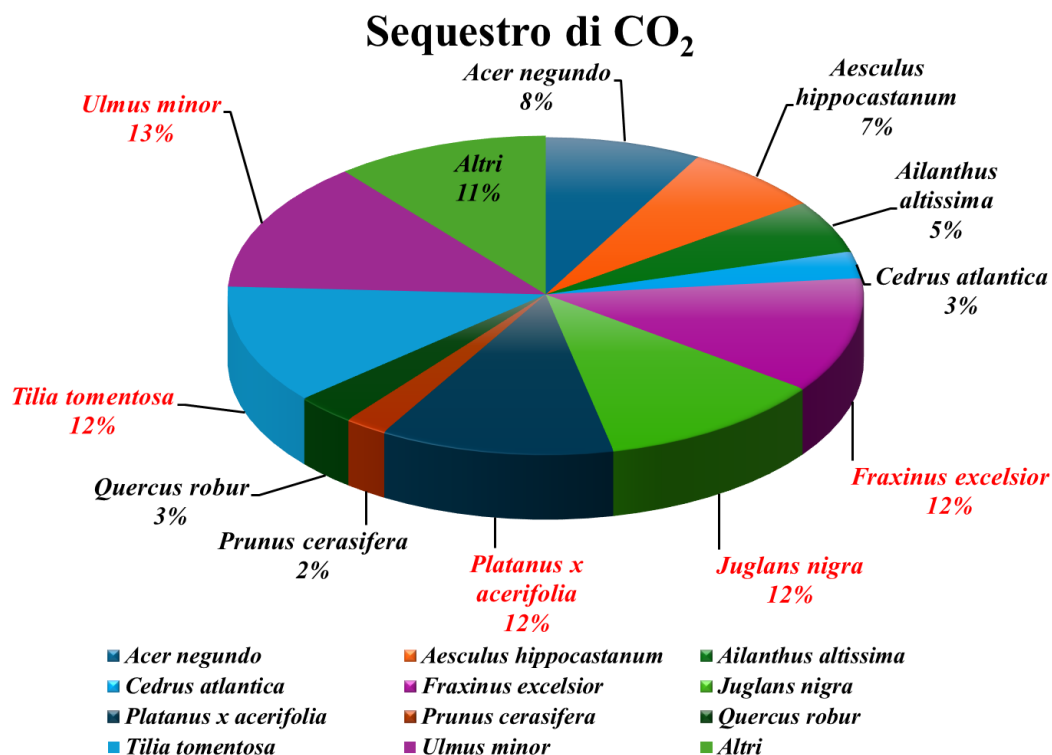


Figura 4. Percentuale di sequestro annuale di CO₂ da parte delle diverse specie vegetali presenti. Nel grafico sono riportate solo le specie con percentuali superiori al 2%. Con altri si identificano tutti i restanti

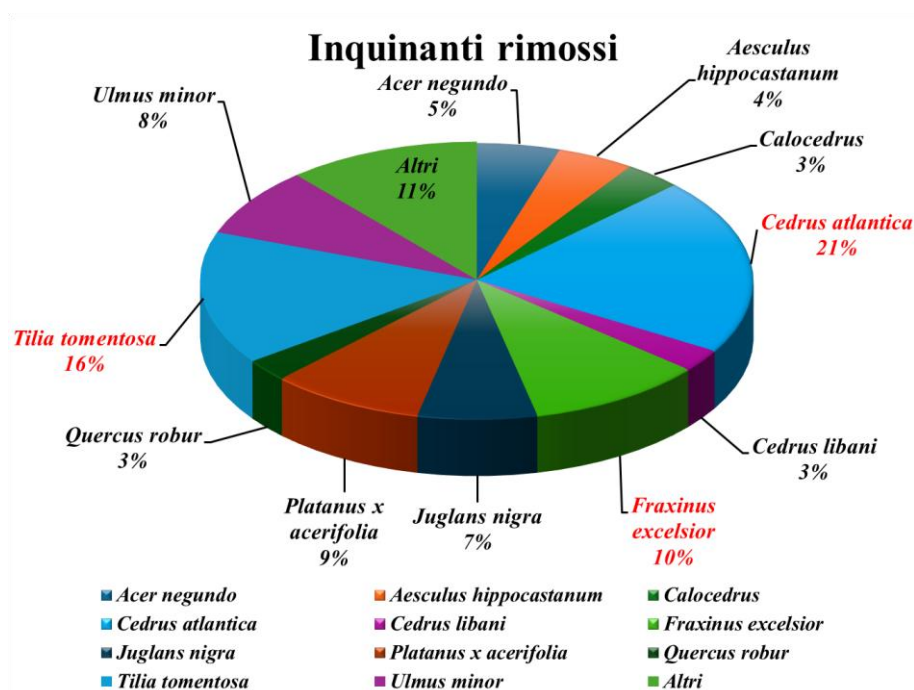


Figura 5. Percentuale di rimozione di inquinanti da parte delle diverse specie vegetali presenti. Nel grafico sono riportate solo le specie con percentuali superiori al 2%. Con altri si identificano tutti i restanti

Per quanto riguarda gli inquinanti totali (Fig. 5, Tab. 1 e 6), intesi come la somma di ozono, biossido di azoto, particolato respirabile (PM10) e inalabile (PM2.5), la loro rimozione da parte delle piante arboree presenti è di ca. **123 kg all'anno**. In dettaglio, 3 specie partecipano per il 47%, i cedri (*Cedrus atlantica*, 21%), i tigli (*Tilia tomentosa* 16%) e i frassini (*Fraxinus excelsior*, 10%) infatti rimuovono da soli in totale circa **58 kg di inquinanti all'anno**.

Un altro parametro interessante, è che le piante presenti nell'area aiutano a ridurre il **ruscellamento superficiale delle acque piovane di circa 8,3 m³ all'anno** (Tab. 6). Il deflusso evitato è stimato in base alle condizioni meteorologiche locali e alle precipitazioni annue totali del 2015 della stazione di Parma presa di riferimento, che sono state di 746 millimetri.

Attualmente sono presenti anche delle **siepi** costituite da *Prunus laurocerasus*, *Ulmus minor*, *Ailanthus altissima* e *Robinia pseudoacacia* (Tab. 1). Le siepi sono potenzialmente in grado di sequestrare ca **1 t di CO₂**, produrre **0,7 t di ossigeno** e rimuovere dall'atmosfera **6,2 kg di inquinanti**. Per le dimensioni di questi arbusti i-Tree non riesce a stimarne l'effetto sul ruscellamento delle acque piovane.

Complessivamente, quindi, l'area sequestra annualmente 9 t di CO₂ e ne ha già accumulate nella propria biomassa 462 t, rilascia 6,6 t di ossigeno, rimuove 129 kg di inquinanti ed emette 38 kg di VOC, in particolare le querce e i noci, ed è in grado di ridurre il ruscellamento di 4,8 m³ all'anno (Tab. 1 e 6).

Tabella 1. Riepilogo dei risultati ottenuti con il modello i-Tree Eco per le piante del comparto residenziale (*EX ANTE*)

EX ANTE						
Specie	N piante	CO ₂ accumulata	CO ₂ sequestrata	Ossigeno prodotto	Inquinanti totali rimossi	VOCs
ALBERI	N	Kg	Kg/anno		g/anno	
Acer negundo	19	28.777,2	650,3	471,7	6.039,8	2.350,3
Acer platanoides	2	5.114,9	77,1	56,2	586,8	134,7
Acer pseudoplatanus	3	2.326,8	52,8	38,5	250,7	74,7
Acer saccharum	1	4.609,5	29,7	21,6	273,3	70,0
Aesculus hippocastanum	21	30.789,5	575,8	418,5	5.583,0	304,4
Ailanthus altissima	5	19.171,3	440,8	320,5	1.919,8	0,0
Calocedrus	1	2.800,2	53,6	39,0	4.170,1	306,8
Catalpa ovata	1	1.443,0	15,4	11,1	282,1	10,9
Cedrus atlantica	4	19.019,8	221,7	161,1	25.599,0	3.138,9
Cedrus deodara	1	1.673,2	52,8	38,5	1.666,8	204,4
Cedrus libani	1	5.492,5	38,2	27,7	3.229,8	396,0
Fraxinus angustifolia	1	1.619,2	45,9	33,2	227,8	0,0
Fraxinus excelsior	13	52.655,3	948,7	689,6	12.689,5	0,0
Fraxinus ornus	2	1.277,9	11,0	7,7	461,6	0,0
Juglans nigra	21	36.857,1	933,3	678,3	8.540,3	8.763,3
Juglans regia	2	4.365,8	104,6	76,1	569,9	307,6
Paulownia tomentosa	1	2.231,7	34,5	24,9	1.436,0	0,0
Picea abies	1	1.342,1	6,6	4,9	1.672,6	566,0
Platanus x acerifolia	23	62.125,4	959,3	696,5	11.054,8	6.212,7
Prunus cerasifera	9	23.885,8	175,8	127,3	1.015,7	44,3
Quercus robur	3	13.598,8	247,4	179,8	3.196,5	10.217,2
Robinia pseudoacacia	2	3.514,4	124,4	90,6	729,4	1.178,5
Thuja occidentalis	1	323,7	13,2	9,7	172,5	1,2
Tilia tomentosa	42	47.723,6	979,2	710,9	19.171,0	0,0
Tilia x europaea	1	3.783,8	110,5	80,7	233,2	0,0
Ulmus laevis	3	5.091,8	108,3	78,2	2.425,9	679,3
Ulmus minor	24	73.354,9	1.077,1	782,4	9.943,1	2.784,0
Totale	208	454.969,2	8.087,9	5.875,2	123.141,0	37.745,2
SIEPI						
Prunus laurocerasus	87	1.596,5	351,2	252,3	4.732,8	43,5
Ulmus minor	79	3425,95	332,50	236,40	818,30	227,10
Ailanthus altissima	41	2.502,6	292,9	211,2	620,7	0,0
Robinia pseudoacacia	3	47,3	9,9	6,9	17,7	28,5
Totale	210	7.572,3	986,5	706,8	6.189,5	299,1
TOTALE COMPLESSIVO	418	462.541,5	9.074,4	6.582,0	129.330,5	38.044,3

3.2. Ex post

A seguito della sistemazione dell'attuale impianto verde che prevede la rimozione di piante che presentano criticità sanitarie e di quelle legate ai vincoli del progetto edilizio, i **120 alberi rimasti appartenenti a 23 specie** (Tab. 2 e 7) saranno rappresentati dal **15% da olmi** (18 piante), **dal 13% da noci e ippocastani** (16 alberi ciascuna), **dal 12 % da tigli** (14 piante) e **10% da frassini** (12 alberi).

Con questo nuovo assetto la **CO₂ sequestrata annualmente sarà di 5,2 t**, dovuta principalmente agli olmi, frassini, noci e ippocastani, con un **rilascio annuale di ossigeno di ca. 3,8 t** e una rimozione di **inquinanti di 64 kg**. I VOC emessi si stima saranno 25 kg/anno, in particolare dalle 3 piante di farnia (*Quercus robur*), notoriamente alta emettitrice, dai 16 noci e dai 18 olmi.

Le piante rimaste nell'area aiutano a ridurre il ruscellamento superficiale delle acque piovane di circa 1,8 m³ all'anno (Tab. 7).

Le **siepi** che si manterranno saranno costituite principalmente da *Prunus laurocerasus* e *Ailanthus altissima* che saranno potenzialmente in grado di **sequestrare ca 166 kg di CO₂**, produrre **96 kg di ossigeno e rimuovere dall'atmosfera 1 kg di inquinanti**. Queste specie inoltre non emettono VOC o sono bassissimi emettitori.

Complessivamente, quindi, l'area sequestrerà annualmente 5,4 t di CO₂, rilascerà 3,9 t di ossigeno, rimuovendo inoltre 65 kg di inquinanti ed emettendo sempre ca 25 kg di VOC e riducendo il ruscellamento di 1,8 m³ all'anno (Tab. 2 e 7)

Tabella 2. Riepilogo dei risultati ottenuti con il modello i-Tree Eco per le piante del comparto residenziale (*EX POST*)

EX POST						
Specie	N piante	CO₂ accumulata	CO₂ sequestrata	Ossigeno prodotto	Inquinanti totali rimossi	VOCs
ALBERI	N	Kg	Kg/anno		g/anno	
Acer negundo	7	11.309	222,4	161,4	2.682,8	1.044,0
Acer platanoides	2	5.115	77,1	56,2	586,8	134,7
Acer pseudoplatanus	2	1.581	30,8	22,5	133,8	39,9
Acer saccharum	1	4.610	29,7	21,6	273,3	70,0
Aesculus hippocastanum	16	30.992	509,4	370,2	5.317,2	345,1
Ailanthus altissima	5	19.171	440,8	320,5	1.919,8	0,0
Catalpa ovata	1	1.443	15,4	11,1	282,1	10,9
Cedrus atlantica	1	5.519	51,0	37,1	4.833,4	592,7
Cedrus libani	1	5.493	38,2	27,7	3.229,8	396,0
Fraxinus angustifolia	1	1.619	45,9	33,2	227,8	0,0
Fraxinus excelsior	12	49.527	897,7	652,5	11.890,6	0,0
Fraxinus ornus	2	1.278	11,0	7,7	461,6	0,0
Juglans nigra	16	29.750	675,3	490,7	7.020,5	7.203,8
Juglans regia	2	4.366	104,6	76,1	569,9	307,6
Paulownia tomentosa	1	2.232	34,5	24,9	1.436,0	0,0
Platanus x hydrida	1	262	9,5	7,0	350,0	196,7
Prunus cerasifera	8	23.926	181,7	131,6	2.756,9	239,0
Quercus robur	3	13.599	247,4	179,8	3.196,5	10.217,2
Robinia pseudoacacia	2	3.514	124,4	90,6	729,4	1.178,5
Tilia tomentosa	14	15.095	304,2	221,1	5.349,2	0,0
Tilia x europaea	1	3.784	110,5	80,7	233,2	0,0
Ulmus laevis	3	8.876	218,7	158,9	2.659,1	679,3
Ulmus minor	18	54.900	841,2	610,9	7.952,6	2.226,6
TOTALE	120	297.958,1	5.221,3	3.794,0	64.092,3	24.882,0
SIEPI rimaste						
Prunus laurocerasus	18	330,30	72,70	52,20	979,20	9,00
Ailanthus altissima	15	677,10	93,60	43,50	153,00	0,00
TOTALE	33	1.007,40	166,30	95,70	1.132,20	9,00
TOTALE COMPLESSIVO	153,0	298.965,53	5.387,61	3.889,70	65.224,50	24.891,00

3.3. Nuovo impianto



Figura 6: Area oggetto dello studio *ex post*



Figura 7: Stralcio della planimetria di progetto del verde per la valutazione ex post

Per la riqualificazione dell'area (Fig. 6) si prevede di mettere a dimora un numero consistente di nuovi alberi (Fig. 7) per un totale di **371 piante appartenenti a 44 specie diverse** (Tab. 3). La grande attenzione all'implementazione della biodiversità è evidente dalle basse percentuali per ciascuna specie (Fig. 8; Tab. 8): il **17% è costituito da alberi di giuda (*Cercis siliquastrum*)**, **11% da frassini (*Fraxinus ornus*)** e **l'8% da sofore (*Sophora japonica fastigiata*)**. Tutte le altre specie sono presenti in percentuali inferiori. Questi 371 alberi di nuovo impianto sono ovviamente caratterizzati da diametri del tronco di dimensioni ridotte, che variano dai 6 ai 9 cm; insieme saranno potenzialmente in grado di **sequestrare 5 t di CO₂** (*Cercis siliquastrum* per il 19% e *Sophora japonica fastigiata* per l'11%) (Fig. 6), avranno già **accumulata nella biomassa 10 t** (Tab. 3 e 8), saranno in grado di produrre 3,7 t di ossigeno e di **rimuovere dall'atmosfera 14 kg di inquinanti** (*Cercis siliquastrum* per il 13% e *Fraxinus ornus* per l'11%) (Fig. 7), ed **emetteranno 3,6 kg di VOC**, in particolare le querce (Tab. 3 e 8).

I nuovi alberi aiuteranno a ridurre il ruscellamento superficiale delle acque piovane di circa 0,7 m³ all'anno (Tab. 8).

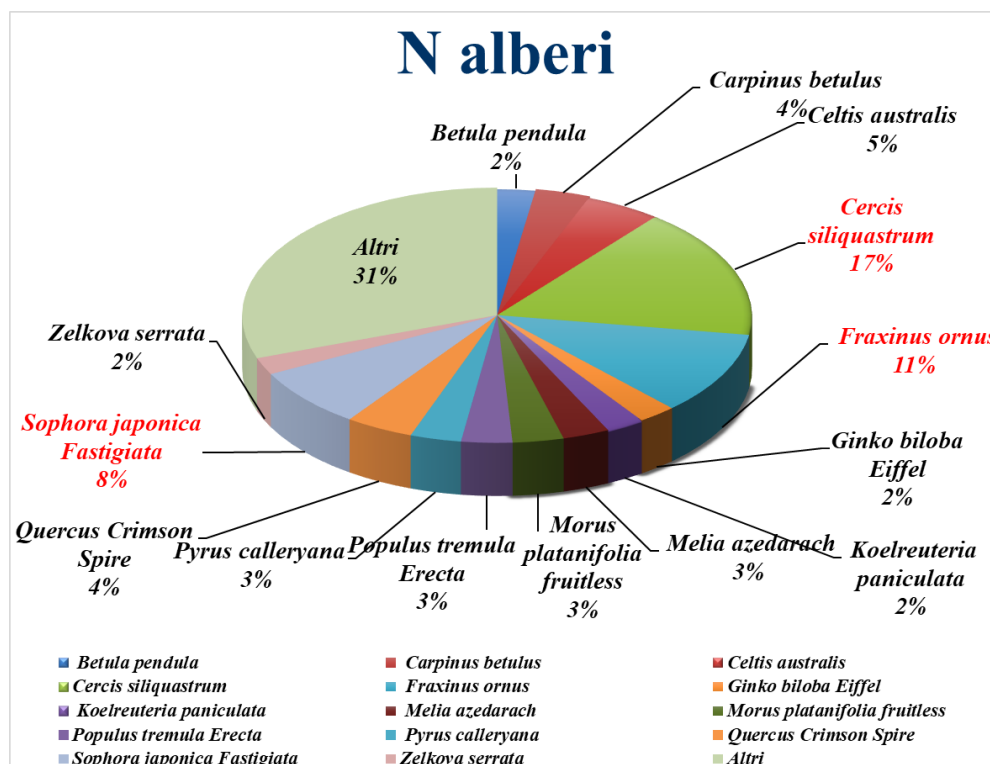


Figura 8. Percentuale delle specie di nuovo impianto (371 alberi). Nel grafico sono riportate solo le specie con percentuali superiori al 2%. Con altri si identificano tutti i restanti

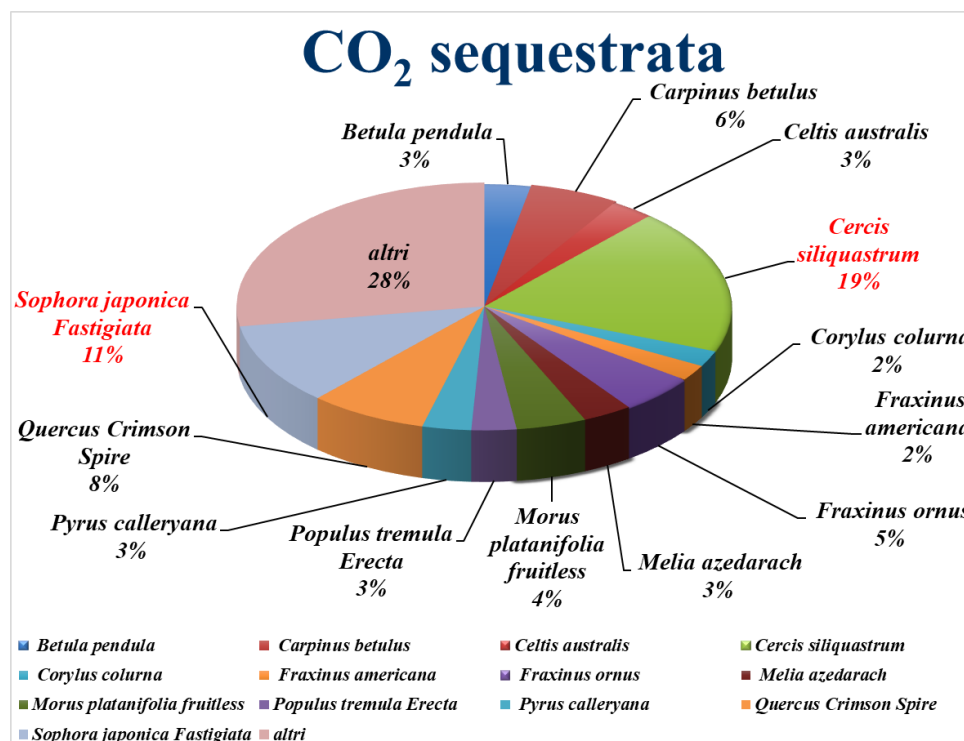


Figura 9. Percentuale di sequestro annuale di CO₂ da parte delle diverse specie vegetali di nuova piantagione. Nel grafico sono riportate solo le specie con percentuali superiori al 2%. Con altri si identificano tutti i restanti

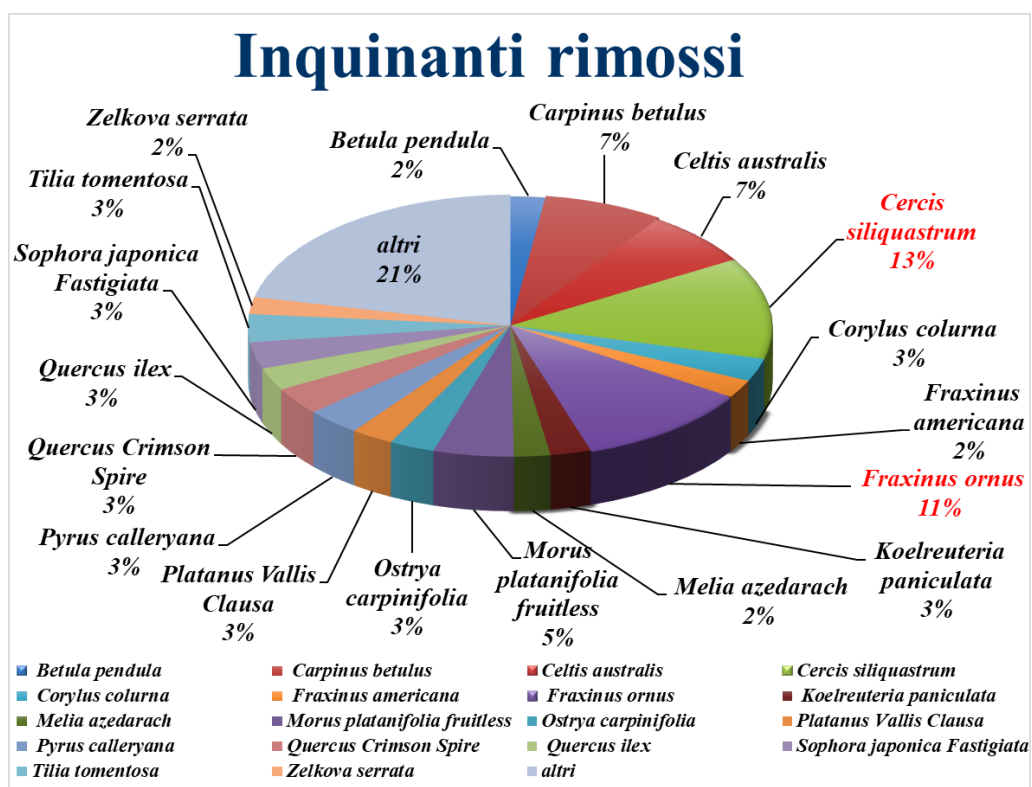


Figura 10. Percentuale di rimozione di inquinanti da parte delle diverse specie vegetali di nuovo impianto. Nel grafico sono riportate solo le specie con percentuali superiori al 2%. Con altri si identificano tutti i restanti

Tabella 3. Riepilogo dei risultati ottenuti con il modello i-Tree Eco per gli alberi di nuovo impianto

NUOVO IMPIANTO						
Specie	N piante	CO₂ accumulata	CO₂ sequestrata	Ossigeno prodotto	Inquinanti totali rimossi	VOCs
NUOVI ALBERI	N	Kg	Kg/anno		g/anno	
<i>Acacia dealbata</i>	3	29,7	12,1	8,7	172,2	41,4
<i>Acer campestre</i>	6	156,3	55,1	39,6	223,2	21,0
<i>Acer campestre huibers elegant</i>	3	78,2	27,5	19,8	111,6	10,5
<i>Aesculus x carnea briotii</i>	4	85,1	47,0	34,4	174,0	4,8
<i>Alnus x spaethii</i>	3	118,9	57,3	41,4	190,2	94,5
<i>Betula pendula</i>	9	194,9	155,2	112,5	302,4	31,5
<i>Carpinus betulus</i>	13	834,9	300,6	218,4	1.043,9	2,6
<i>Celtis australis</i>	4	55,8	27,9	20,0	126,0	2,0
<i>Celtis australis</i>	18	356,7	145,3	104,4	968,4	14,4
<i>Cercis siliquastrum</i>	62	1.433,5	978,4	706,8	1.767,0	0,0
<i>Corylus colurna</i>	6	290,7	105,7	76,2	399,0	0,0
<i>Diospyros kaki</i>	2	23,5	14,7	10,8	40,0	0,4
<i>Fraxinus americana</i>	6	237,8	105,7	76,2	310,8	0,0
<i>Fraxinus ornus</i>	39	758,6	257,6	191,1	1.528,8	0,0
<i>Ginkgo biloba Eiffel</i>	9	66,1	26,4	18,9	218,7	88,2
<i>Ginkgo biloba autumn gold</i>	5	36,7	14,7	10,5	121,5	49,0
<i>Gleditsia triacanthos Inermis</i>	2	46,2	23,5	17,0	68,2	0,0
<i>Koelreuteria paniculata</i>	9	251,0	92,5	67,5	351,9	0,0
<i>Liriodendron tulipifera</i>	2	36,0	27,9	20,2	68,4	3,0
<i>Liriodendron tulipifera Fastigiata</i>	6	83,7	74,9	53,4	162,0	7,2
<i>Melia azedarach</i>	11	218,0	165,5	118,8	312,4	3,3
<i>Morus alba</i>	2	55,1	31,6	22,8	72,6	10,6
<i>Morus nigra</i>	2	41,1	36,0	25,8	62,2	10,6
<i>Morus plataniifolia fruitless</i>	12	515,3	233,4	168,0	694,8	118,8
<i>Ostrya carpinifolia</i>	6	174,0	79,3	57,0	391,2	0,0
<i>Parrotia persica</i>	4	101,3	38,2	27,6	140,8	145,2
<i>Parrotia persica Bella</i>	2	50,6	19,1	13,8	70,4	72,6
<i>Parrotia persica Vanessa blue</i>	3	76,0	28,6	20,7	105,6	108,9
<i>Paulownia fortunei Minifast Fast</i>	1	12,8	8,4	6,2	32,0	0,0
<i>Platanus Vallis Clausa</i>	6	118,9	52,8	39,0	367,8	183,0
<i>Populus tremula Erecta</i>	2	31,6	25,0	18,2	39,8	70,4
<i>Populus tremula Erecta</i>	12	189,4	149,7	109,2	238,8	422,4
<i>Prunus avium plena</i>	5	132,1	75,2	54,5	153,5	3,5
<i>Punica granatum</i>	3	100,2	55,1	40,2	29,7	0,0
<i>Pyrus calleryana</i>	12	281,9	162,9	116,4	471,6	26,4
<i>Quercus Crimson Spire</i>	16	1.010,0	393,4	288,0	473,6	1.300,8
<i>Quercus ilex</i>	3	114,5	57,3	41,4	390,6	333,6
<i>Quercus robur</i>	3	154,1	80,4	58,8	91,2	168,9
<i>Robinia pseudoacacia</i>	1	25,7	17,6	12,8	31,5	31,6
<i>Sophora japonica</i>	5	190,8	97,3	70,5	82,5	23,0
<i>Sophora japonica Fastigiata</i>	28	1.068,7	544,6	394,8	462,0	128,8
<i>Tilia tomentosa</i>	7	164,4	71,9	52,5	483,7	0,0
<i>Ulmus Sapporo Gold</i>	6	123,3	70,5	50,4	184,8	20,4
<i>Zelkova serrata</i>	8	132,1	64,6	46,4	294,4	4,8
Totale	371	10.256,2	5.108,3	3.701,6	14.025,7	3.558,1

Nel progetto finale è prevista anche la messa a dimora di un elevato numero di arbusti (4.144) sia per motivi architettonici che ecofisiologici e di biodiversità (Tab. 4). Il modello i-Tree è in grado di stimare i servizi ecosistemi anche per diverse specie arbustive ma quanto più piccoli sono i DBH, quanto più imprecisa diventa la stima. Questo è ovviamente il nostro caso perché alla piantagione gli arbusti avranno un diametro non tanto superiore a quello minimo previsto da i-Tree (nel nostro caso DBH 1,3-1,5 cm) e quindi con possibilità di sovrastimare il sequestro di gas e particolato. Da studi già effettuati da questo gruppo di ricerca su arbusti adulti (DBH 15 cm), tra i quali ligustri e viburni che si planteranno anche in questa realtà, si è stimato che queste piante sono potenzialmente in grado di sequestrare annualmente e singolarmente ca 14 kg di CO₂ (Baraldi et al., 2019). Comunque, prudenzialmente possiamo stimare che gli arbusti per la loro numerosità e per le loro caratteristiche di crescita a piante adulte relativamente rapida rispetto ad alberi, potrebbero sequestrare annualmente anche fino a 10 t di CO₂ con una rimozione di inquinanti di ca 20 kg, oltre a influire positivamente sulla riduzione del ruscellamento superficiale delle acque piovane.

Tabella 4. Riepilogo degli arbusti di nuova piantagione

Specie	N piante	
	N	%
ARBUSTI		
Abelia Edward Goucher	249	6,0
Berberis julianae	25	0,6
Berberis thunbergii 'Atropurpurea Harlequin'	32	0,8
Berberis thunbergii 'Orange Rocket'	106	2,6
Buddleja davidii in varietà	19	0,5
Buddleja davidii Nanho purple	41	1,0
Chaenomeles x superba in varietà	115	2,8
Corylus avellana	5	0,1
Coronilla emerus	81	2,0
Cornus sanguinea	106	2,6
Cornus sanguinea Anny's Winter Orange	113	2,7
Cotinus coggygria	23	0,6
Cotinus coggygria Grace	5	0,1
Cotoneaster franchetii	120	2,9
Elaeagnus x ebbingei Compacta	23	0,6
Forsythia x intermedia Lynwood	96	2,3
Forsythia Marée d'or	27	0,7
Forsythia x intermedia Mindor	20	0,5
Hibiscus syriacus in varietà	14	0,3
Kerria japonica Pleniflora	250	6,0
Lagerstroemia Petit Red	91	2,2
Laurus nobilis	25	0,6
Lantana montevidensis	23	0,6
Ligustrum japonicum	6	0,1
Ligustrum vulgare	135	3,3
Mahonia aquifolium	70	1,7
Mahonia eurybracteata 'Sweet Winter'	11	0,3
Osmanthus armatus	71	1,7
Philadelphus 'Manteau d'Ermine'	51	1,2
Philadelphus virginialis Minnesota Snowflake	54	1,3
Philadelphus 'Virginal'	175	4,2
Prunus spinosa	14	0,3
Rhynchospermum jasminoides	315	7,6
Rosa canina	114	2,8
Rosa chinensis Mutabilis	208	5,0
Rosa Double Knock Out	186	4,5
Rosa Le Quatre Saisons	53	1,3
Rosa Pink Double Knock Out	120	2,9
Rosa Pink Knock Out	32	0,8
Rosa Tequila	60	1,4
Rosmarinus off Prostratus	114	2,8
Sarcococca ruscifolia	102	2,5
Spartium junceum	208	5,0
Spiraea x arguta	218	5,3
Spiraea x vanhouttei	58	1,4
Taxus x media Densiformis	94	2,3
Teucrium fruticans	46	1,1
Viburnum opulus	14	0,3
Weigela Bristol Ruby	6	0,1
TOTALE	4144	100

4. Conclusioni

I risultati ottenuti in questo studio dimostrano l'impronta ecologica degli alberi e degli arbusti presenti nell'area PRU IP6 Ospizio, in via Emilia Ospizio, a Reggio Emilia (Fig.1). I ricercatori dell'IBE-CNR hanno effettuato una stima dell'accumulo e sequestro di CO₂ e degli inquinanti delle piante sia nella situazione attuale (*EX ANTE*), sia di quelle che si propone di mantenere (*EX POST*), sia degli alberi di nuovo impianto, ed infine come sarà la nuova area dopo l'intervento. **Non sono stati considerati in questo studio i 104 alberi presenti nei lotti 4 e 5 perché il loro contributo *ex ante* ed *ex post* non cambia, dato che non vengono toccati**

Le stime del modello hanno evidenziato che:

- **EX ANTE:** al momento attuale la vegetazione costituita da **208 alberi** e da siepi ha la **capacità di sequestrare dall'atmosfera ogni anno ca 9 t di anidride carbonica (CO₂)**, uno dei principali gas serra che partecipa all'innalzamento delle temperature. I risultati hanno inoltre evidenziato che le stesse piante **hanno già accumulato nella propria biomassa** (radici, tronco, rami e foglie) **ca. 462 t di CO₂** (Tab. 1 e 5). Queste piante svolgono inoltre la funzione di depurare l'aria rimuovendo ogni anno dall'atmosfera **ca. 129 kg di inquinanti, tra questi per la maggior parte O₃** dannoso per la salute e il benessere dell'ambiente e delle persone. Le piante sono anche in grado di **produrre ca 6,6 t/anno di ossigeno**. **Le piante arboree dell'area che al momento, prese complessivamente, contribuiscono maggiormente al sequestro di CO₂ e al suo accumulo nella biomassa** sono risultate essere gli **olmi (*Ulmus minor*)** che per la loro numerosità (**24 piante**) e dimensioni sono in grado **annualmente di sequestrare complessivamente ca. 1 t di CO₂, produrre 782 kg di ossigeno e hanno accumulato ca. 73 t di CO₂ nella loro biomassa**. Gli alberi e le siepi rimuovono complessivamente 130 kg di inquinanti e la specie *Cedrus atlantica*, con le sue **4 piante**, è risultata quella che contribuisce maggiormente con **ca. 26 kg/anno, seguita dai tigli e frassini**. Gli alberi inoltre possono aiutare a ridurre il ruscellamento superficiale delle acque piovane di circa 4,8 m³/anno. I maggiori emettitori di VOC, che in totale sono 38 kg, sono le farnie (*Quercus robur*), i noci (*Juglans nigra*) e i platani (*Platanus x acerifolia*)
- **EX POST:** a seguito della sistemazione dell'attuale impianto verde che prevede la rimozione di piante che presentano criticità sanitarie e di quelle legate ai vincoli del progetto edilizio, i **120 alberi e le siepi rimaste** saranno in grado di sequestrare annualmente **ca. 5,4 t di CO₂** e di rimuovere dall'atmosfera **ca. 65 kg di inquinanti all'anno** (Tab. 2 e 6). **Gli alberi che contribuiscono maggiormente al sequestro di CO₂ e al suo accumulo nella biomassa** sono

risultati essere i frassini (*Fraxinus excelsior*) e gli olmi (*Ulmus minor*) che per la loro numerosità e dimensioni (rispettivamente 12 e 18 piante) sono in grado **annualmente** di sequestrare **ca. 0,8- 0,9 t**, hanno **accumulato ca. 50-54 t di CO₂ nella loro biomassa di CO₂ e producono 652-610 kg di ossigeno**. A queste specie seguono poi anche noci e ippocastani. Gli alberi inoltre possono aiutare a ridurre il ruscellamento superficiale delle acque piovane di circa 1,8 m³/anno I maggiori emettitori di VOC, che in totale sono 25 kg, sono i noci (*Juglans nigra*) e le farnie (*Quercus robur*).

- **NUOVO IMPIANTO:** si stima che le **371 nuove piante** saranno in grado di **sequestrare annualmente ca. 5 t di CO₂**, con un **accumulo nella propria biomassa di ca. 10 t di CO₂** e di rimuovere dall'atmosfera **ca. 14 kg di inquinanti all'anno** (Tab. 3, 4 e 7). Le stesse piante saranno in grado di produrre **3,7 t/anno di ossigeno**. Saranno le 62 piante di *Cercis siliquastrum*, anche per il loro alto numero, a fornire il contributo più importante alla mitigazione della CO₂ **sequestrando annualmente ca. 0,9 t di CO₂, avendone già accumulate ca. 1,5 t e rimuovendo 1,8 kg di inquinanti**. Gli alberi inoltre possono aiutare a ridurre il ruscellamento superficiale delle acque piovane di circa 0,7 m³/anno. Ai 3,6 kg di VOC emessi partecipano in particolare le querce (*Quercus crimson spire*) e i pioppi (*Populus tremula*).
- **PROGETTO FINALE DI RIQUALIFICAZIONE:** la sistemazione dell'attuale impianto verde prevede la rimozione di piante che presentano criticità sanitarie o vincoli del progetto edilizio, ma soprattutto la messa a dimora di nuovi alberi che già al momento della piantagione saranno potenzialmente in grado di compensare il sequestro annuale di CO₂ e l'emissione di ossigeno delle piante rimosse, mentre la CO₂ accumulata sarà ovviamente più bassa, ma avranno la possibilità di espletare i loro benefici ecosistemici per svariati anni vista la loro giovane età. Se quindi si considera questo nuovo assetto di riqualificazione, l'area verde avrà la potenzialità totale di **sequestrare dall'atmosfera ogni anno ca 11 t di CO₂, produrre ca 8 t/anno di ossigeno** e rimuovere ogni anno dall'atmosfera **79 kg di inquinanti** (Tab. 8). Tutto questo prudenzialmente, perché è prevista la piantagione di un numero molto significativo di arbusti che sicuramente contribuiranno a migliorare la mitigazione ambientale dell'area.

Tabella 5. Riepilogo delle stime effettuate nella situazione attuale (EX ANTE), degli alberi da togliere, di quelli da tenere (EX POST) (A), di quelli di nuovo impianto (B) e quindi del risultato finale di progetto comprendente A+B

	N alberi	CO ₂ accumulata	CO ₂ sequestrata	Ossigeno prodotto	Inquinanti totali rimossi	VOC totali
		t	t/anno		kg/anno	
alberi/siepi presenti (210) EX ANTE	208	462,5	9,1	6,6	129,3	81,2
(A) alberi/siepi da tenere (33) EX POST	120	298,5	5,4	3,9	65,2	24,9
(B) alberi nuovi	371	10,2	5,1	3,7	14,0	3,6
TOTALE FINALE (A+B)	491	309	11	8	79	29

Bibliografia

- R Baraldi*, C. Chieco, L. Neri, O. Facini, F. Rapparini, L. Morrone, A. Rotondi, G. Carriero. 2019. An integrated study on air mitigation potential of urban vegetation: From a multi-trait approach to modeling. Urban Forestry & Urban Greening, 41:127-138
- Broecker W. S. 1990. A boundary condition on the evolution of atmospheric oxygen. Journal of Geophysical Research Volume 75, Issue 18: Oceans and Atmospheres
- Donelli, D.; Meneguzzo, F.; Antonelli, M.; Ardissino, D.; Niccoli, G.; Gronchi, G.; Baraldi, R.; Neri, L.; Zabini, F. Effects of Plant-Emitted Monoterpenes on Anxiety Symptoms: A Propensity-Matched Observational Cohort Study. Int. J. Environ. Res. Public Health 2023, 20, 2773. <https://doi.org/10.3390/ijerph2004277>
- Meneguzzo, F.; Albanese, L.; Antonelli, M.; Baraldi, R.; Becheri, F.R.; Centritto, F.; Donelli, D.; Finelli, F.; Firenzuoli, F.; Margheritini, G.; Maggini, V., Neri, L. Short-Term Effects of Forest Therapy on Mood States: A Pilot Study. Int. J. Environ. Res. Public Health 2021, 18, 9509. <https://doi.org/10.3390/ijerph1818950>
- Nowak D.J., K. L. Civerolo, S. T. Rao, G. Sistla, C. J. Luley, D.E. Crane, 2000. A modeling study of the impact of urban trees on ozone. Atmospheric Environment, 34, pp. 1601-1613.

Bologna 20/06/2025

Rita Baraldi



Tabella 6. Riepilogo dei dati delle sole specie arboree attualmente presenti nell'area (*EX ANTE*)

Specie	N piante		CO2 accumulata		CO2 sequestrata		Ossigeno prodotto		Riduzione del ruscellamento		Inquinanti rimossi		O3	NO2	PM10*	PM2.5	Isoprene	Monoterpene	VOCs	
	N	%	Kg	%	Kg/anno	%	Kg/anno	%	m3/anno	%	g/anno	%							g/anno	%
Acer negundo	19	9,13	28.777,20	6,33	650,32	8,04	471,70	8,03	0,00	0,00	6.039,8	4,91	4.226,8	596,2	1.124,6	92,2	3,90	2.346,40	2.350,30	6,23
Acer platanoides	2	1,0	5.114,9	1,1	77,1	1,0	56,2	1,0	0,0	0,0	586,8	0,5	410,6	57,9	109,3	9,0	0,3	134,4	134,7	0,4
Acer pseudoplatanus	3	1,4	2.326,8	0,5	52,8	0,7	38,5	0,7	0,0	0,0	250,7	0,2	175,5	24,7	46,7	3,8	0,2	74,5	74,7	0,2
Acer saccharum	1	0,5	4.609,5	1,0	29,7	0,4	21,6	0,4	0,0	0,0	273,3	0,2	191,2	27,0	50,9	4,2	0,1	69,9	70,0	0,2
Aesculus hippocastanum	21	10,1	30.789,5	6,8	575,8	7,1	418,5	7,1	0,0	0,0	5.583,0	4,5	3.907,4	550,6	1.039,7	85,3	56,3	248,1	304,4	0,8
Ailanthus altissima	5	2,4	19.171,3	4,2	440,8	5,4	320,5	5,5	0,0	0,0	1.919,8	1,6	1.343,7	189,4	357,4	29,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Calocedrus	1	0,5	2.800,2	0,6	53,6	0,7	39,0	0,7	0,4	8,3	4.170,1	3,4	1.979,4	829,0	1.316,2	45,5	0,0	306,8	306,8	0,8
Catalpa ovata	1	0,5	1.443,0	0,3	15,4	0,2	11,1	0,2	0,0	0,0	282,1	0,2	197,5	27,8	52,5	4,3	0,0	10,9	10,9	0,0
Cedrus atlantica	4	1,9	19.019,8	4,2	221,7	2,7	161,1	2,7	2,5	52,1	25.599,0	20,7	12.151,2	5.089,1	8.079,5	279,2	0,0	3.138,9	3.138,9	8,3
Cedrus deodara	1	0,5	1.673,2	0,4	52,8	0,7	38,5	0,7	0,2	4,2	1.666,8	1,4	791,2	331,3	526,1	18,2	0,0	204,4	204,4	0,5
Cedrus libani	1	0,5	5.492,5	1,2	38,2	0,5	27,7	0,5	0,3	6,3	3.229,8	2,6	1.533,1	642,1	1.019,4	35,2	0,0	396,0	396,0	1,0
Fraxinus angustifolia	1	0,5	1.619,2	0,4	45,9	0,6	33,2	0,6	0,0	0,0	227,8	0,2	159,4	22,5	42,4	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Fraxinus excelsior	13	6,3	52.655,3	11,6	948,7	11,7	689,6	11,7	0,4	8,3	12.689,5	10,3	8.880,9	1.252,0	2.362,8	193,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Fraxinus omus	2	1,0	1.277,9	0,3	11,0	0,1	7,7	0,1	0,0	0,0	461,6	0,4	323,1	45,5	86,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Juglans nigra	21	10,1	36.857,1	8,1	933,3	11,5	678,3	11,5	0,1	2,1	8.540,3	6,9	5.976,8	842,8	1.590,2	130,5	0,0	8.763,3	8.763,3	23,2
Juglans regia	2	1,0	4.365,8	1,0	104,6	1,3	76,1	1,3	0,0	0,0	569,9	0,5	398,9	56,2	106,1	8,7	0,0	307,6	307,6	0,8
Paulownia tomentosa	1	0,5	2.231,7	0,5	34,5	0,4	24,9	0,4	0,1	2,1	1.436,0	1,2	1.005,0	141,7	267,4	21,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Picea abies	1	0,5	1.342,1	0,3	6,6	0,1	4,9	0,1	0,2	4,2	1.672,6	1,4	794,0	332,5	527,9	18,2	173,4	392,6	566,0	1,5
Platanus x acerifolia	23	11,1	62.125,4	13,7	959,3	11,9	696,5	11,9	0,0	0,0	11.054,8	9,0	7.737,0	1.090,6	2.058,4	168,8	6.171,8	40,9	6.212,7	16,5
Prunus cerasifera	9	4,3	23.885,8	5,2	175,8	2,2	127,3	2,2	0,0	0,0	1.015,7	0,8	710,8	100,2	189,2	15,5	0,0	44,3	44,3	0,1
Quercus robur	3	1,4	13.598,8	3,0	247,4	3,1	179,8	3,1	0,2	4,2	3.196,5	2,6	2.237,0	315,4	595,2	48,9	4.177,4	6.039,8	10.217,2	27,1
Robinia pseudoacacia	2	1,0	3.514,4	0,8	124,4	1,5	90,6	1,5	0,0	0,0	729,4	0,6	510,5	72,0	135,8	11,1	592,6	585,9	1.178,5	3,1
Thuja occidentalis	1	0,5	323,7	0,1	13,2	0,2	9,7	0,2	0,0	0,0	172,5	0,1	81,9	34,3	54,4	1,9	0,0	1,2	1,2	0,0
Tilia tomentosa	42	20,2	47.723,6	10,5	979,2	12,1	710,9	12,1	0,0	0,0	19.171,0	15,6	13.416,8	1.891,8	3.569,7	292,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Tilia x europaea	1	0,5	3.783,8	0,8	110,5	1,4	80,7	1,4	0,0	0,0	233,2	0,2	163,2	23,0	43,4	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Ulmus laevis	3	1,4	5.091,8	1,1	108,3	1,3	78,2	1,3	0,0	0,0	2.425,9	2,0	1.697,9	239,3	451,7	37,0	0,0	679,3	679,3	1,8
Ulmus minor	24	11,5	73.354,9	16,1	1.077,1	13,3	782,4	13,3	0,4	8,3	9.943,1	8,1	6.958,6	981,7	1.851,1	151,7	0,0	2.784,0	2.784,0	7,4
TOTALE	208	100,0	454.969,2	100,0	8.087,9	100,0	5.875,2	100,0	4,8	100,0	123.141,0	100,0	77.959,4	15.806,6	27.654,0	1.721,0	11.176,0	26.569,2	37.745,2	100,0

Tabella 7. Riepilogo dei dati delle sole specie arboree che rimarranno nell'area dopo la selezione (*EX POST*)

Specie	N piante		CO2 accumulata		CO2 sequestrata		Ossigeno prodotto		Riduzione del ruscellamento		Inquinanti rimossi		O3	NO2	PM10*	PM2.5	Isoprene	Monoterpene	VOCs	
	N	%	Kg	%	Kg/anno	%	Kg/anno	%	m3/anno	%	g/anno	%							g/anno	%
Acer negundo	7	5,83	11.308,74	3,80	222,40	4,26	161,40	4,25	0,00	0,00	2.682,8	4,19	1.877,50	264,70	499,60	41,00	1,70	1.042,30	1.044,00	4,20
Acer platanoides	2	1,7	5.114,9	1,72	77,1	1,48	56,2	1,48	0,0	0,00	586,8	0,92	410,6	57,9	109,3	9,0	0,3	134,4	134,7	0,54
Acer pseudoplatanus	2	1,7	1.580,7	0,53	30,8	0,59	22,5	0,59	0,0	0,00	133,8	0,21	93,7	13,2	24,9	2,0	0,1	39,8	39,9	0,16
Acer saccharum	1	0,8	4.609,5	1,55	29,7	0,57	21,6	0,57	0,0	0,00	273,3	0,43	191,2	27,0	50,9	4,2	0,1	69,9	70,0	0,28
Aesculus hippocastanum	16	13,3	30.991,7	10,40	509,4	9,76	370,2	9,76	0,0	0,00	5.317,2	8,30	3.721,2	524,5	990,3	81,2	51,0	294,1	345,1	1,39
Ailanthus altissima	5	4,2	19.171,3	6,43	440,8	8,44	320,5	8,45	0,0	0,00	1.919,8	3,00	1.343,7	189,4	357,4	29,3	0,0	0,0	0,0	0,00
Catalpa ovata	1	0,8	1.443,0	0,48	15,4	0,30	11,1	0,29	0,0	0,00	282,1	0,44	197,5	27,8	52,5	4,3	0,0	10,9	10,9	0,04
Cedrus atlantica	1	0,8	5.519,3	1,85	51,0	0,98	37,1	0,98	0,5	27,78	4.833,4	7,54	2.294,3	960,9	1.525,5	52,7	0,0	592,7	592,7	2,38
Cedrus libani	1	0,8	5.492,5	1,84	38,2	0,73	27,7	0,73	0,3	16,67	3.229,8	5,04	1.533,1	642,1	1.019,4	35,2	0,0	396,0	396,0	1,59
Fraxinus angustifolia	1	0,8	1.619,2	0,54	45,9	0,88	33,2	0,88	0,0	0,00	227,8	0,36	159,4	22,5	42,4	3,5	0,0	0,0	0,0	0,00
Fraxinus excelsior	12	10,0	49.526,7	16,62	897,7	17,19	652,5	17,20	0,0	0,00	11.890,6	18,55	8.321,8	1.173,2	2.214,0	181,6	0,0	0,0	0,0	0,00
Fraxinus ornus	2	1,7	1.277,9	0,43	11,0	0,21	7,7	0,20	0,0	0,00	461,6	0,72	323,1	45,5	86,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,00
Juglans nigra	16	13,3	29.750,1	9,98	675,3	12,93	490,7	12,93	0,1	5,56	7.020,5	10,95	4.913,2	692,9	1.307,2	107,2	0,0	7.203,8	7.203,8	28,95
Juglans regia	2	1,7	4.365,8	1,47	104,6	2,00	76,1	2,01	0,1	5,56	569,9	0,89	398,9	56,2	106,1	8,7	0,0	307,6	307,6	1,24
Paulownia tomentosa	1	0,8	2.231,7	0,75	34,5	0,66	24,9	0,66	0,1	5,56	1.436,0	2,24	1.005,0	141,7	267,4	21,9	0,0	0,0	0,0	0,00
Platanus x hybrida	1	0,8	262,0	0,09	9,5	0,18	7,0	0,18	0,0	0,00	350,0	0,55	245,0	34,5	65,2	5,3	195,4	1,3	196,7	0,79
Prunus cerasifera	8	6,7	23.925,8	8,03	181,7	3,48	131,6	3,47	0,1	5,56	2.756,9	4,30	1.929,4	272,0	513,4	42,1	195,4	43,6	239,0	0,96
Quercus robur	3	2,5	13.598,8	4,56	247,4	4,74	179,8	4,74	0,2	11,11	3.196,5	4,99	2.237,0	315,4	595,2	48,9	4.177,4	6.039,8	10.217,2	41,06
Robinia pseudoacacia	2	1,7	3.514,4	1,18	124,4	2,38	90,6	2,39	0,0	0,00	729,4	1,14	510,5	72,0	135,8	11,1	592,6	585,9	1.178,5	4,74
Tilia tomentosa	14	11,7	15.094,7	5,07	304,2	5,83	221,1	5,83	0,0	0,00	5.349,2	8,35	3.743,7	528,0	996,0	81,5	0,0	0,0	0,0	0,00
Tilia x europaea	1	0,8	3.783,8	1,27	110,5	2,12	80,7	2,13	0,0	0,00	233,2	0,36	163,2	23,0	43,4	3,6	0,0	0,0	0,0	0,00
Ulmus laevis	3	2,5	8.875,5	2,98	218,7	4,19	158,9	4,19	0,0	0,00	2.659,1	4,15	1.861,1	262,3	495,1	40,6	0,0	679,3	679,3	2,73
Ulmus minor	18	15,0	54.899,9	18,43	841,2	16,11	610,9	16,10	0,4	22,22	7.952,6	12,41	5.565,6	785,2	1.480,5	121,3	0,0	2.226,6	2.226,6	8,95
TOTALE	120	100,0	297.958,1	100,0	5.221,3	100,0	3.794,0	100,0	1,8	100,0	64.092,3	100,0	43.039,7	7.131,9	12.977,5	943,2	5.214,0	19.668,0	24.882,0	100,0

Tabella 8. Riepilogo dei dati delle specie arboree di nuova piantagione

Specie	N alberi		CO ₂ accumulata		CO ₂ sequestrata		Ossigeno prodotto		Riduzione del ruscaldamento		Inquinanti rimossi		O ₃	NO ₂	PM10	PM2.5	Isoprene	Monoterpeni	VOCs		
	N	%	Kg	%	Kg/anno	%	Kg/anno	%	m³/anno	%	g/anno	%				g/anno				%	
Acacia dealbata	3	0,8	29,7	0,3	12,1	0,2	8,7	0,2	0,00	0,0	172,2	1,2	64,8	51,6	53,4	2,4	0,0		41,4	41,4	1,2
Acer campestre	6	1,6	156,3	1,5	55,1	1,1	39,6	1,1	0,06	8,7	223,2	1,6	163,8	23,4	31,8	4,2	0,0		21,0	21,0	0,6
Acer campestre huibers elegant	3	0,8	78,2	0,8	27,5	0,5	19,8	0,5	0,03	4,3	111,6	0,8	81,9	11,7	15,9	2,1	0,0		10,5	10,5	0,3
Aesculus x carnea briotii	4	1,1	85,1	0,8	47,0	0,9	34,4	0,9	0,00	0,0	174,0	1,2	128,0	18,0	24,8	3,2	1,6		3,2	4,8	0,1
Alnus x spaethii	3	0,8	118,9	1,2	57,3	1,1	41,4	1,1	0,00	0,0	190,2	1,4	139,5	19,8	27,3	3,6	0,0		94,5	94,5	2,7
Betula pendula	9	2,4	194,9	1,9	155,2	3,0	112,5	3,0	0,00	0,0	302,4	2,2	222,3	31,5	43,2	5,4	0,0		31,5	31,5	0,9
Carpinus betulus	13	3,5	834,9	8,1	300,6	5,9	218,4	5,9	0,13	18,8	1.043,9	7,4	765,7	109,2	149,5	19,5	0,0		2,6	2,6	0,1
Celtis australis	4	1,1	55,8	0,5	27,9	0,5	20,0	0,5	0,04	5,8	126,0	0,9	92,4	13,2	18,0	2,4	0,0		2,0	2,0	0,1
Celtis australis	18	4,9	356,7	3,5	145,3	2,8	104,4	2,8	0,18	26,1	968,4	6,9	711,0	100,8	138,6	18,0	0,0		14,4	14,4	0,4
Cercis siliquastrum	62	16,7	1.433,5	14,0	978,4	19,2	706,8	19,1	0,00	0,0	1.767,0	12,6	1.295,8	186,0	254,2	31,0	0,0		0,0	0,0	0,0
Corylus colurna	6	1,6	290,7	2,8	105,7	2,1	76,2	2,1	0,06	8,7	399,0	2,8	293,4	41,4	57,0	7,2	0,0		0,0	0,0	0,0
Diospyros kaki	2	0,5	23,5	0,2	14,7	0,3	10,8	0,3	0,00	0,0	40,0	0,3	29,2	4,2	5,8	0,8	0,0		0,4	0,4	0,0
Fraxinus americana	6	1,6	237,8	2,3	105,7	2,1	76,2	2,1	0,00	0,0	310,8	2,2	228,0	32,4	44,4	6,0	0,0		0,0	0,0	0,0
Fraxinus ornus	39	10,5	758,6	7,4	257,6	5,0	191,1	5,2	0,00	0,0	1.528,8	10,9	1.123,2	159,9	218,4	27,3	0,0		0,0	0,0	0,0
Ginkgo biloba Eiffel	9	2,4	66,1	0,6	26,4	0,5	18,9	0,5	0,00	0,0	218,7	1,6	161,1	22,5	31,5	3,6	8,1		80,1	88,2	2,5
Ginkgo biloba autumn gold	5	1,3	36,7	0,4	14,7	0,3	10,5	0,3	0,00	0,0	121,5	0,9	89,5	12,5	17,5	2,0	4,5		44,5	49,0	1,4
Gleditsia triacanthos Inermis	2	0,5	46,2	0,5	23,5	0,5	17,0	0,5	0,00	0,0	68,2	0,5	50,0	7,2	9,8	1,2	0,0		0,0	0,0	0,0
Koelreuteria paniculata	9	2,4	251,0	2,4	92,5	1,8	67,5	1,8	0,00	0,0	351,9	2,5	258,3	36,9	50,4	6,3	0,0		0,0	0,0	0,0
Liriodendron tulipifera	2	0,5	36,0	0,4	27,9	0,5	20,2	0,5	0,00	0,0	68,4	0,5	50,2	7,2	9,8	1,2	3,0		0,0	3,0	0,1
Liriodendron tulipifera Fastigiata	6	1,6	83,7	0,8	74,9	1,5	53,4	1,4	0,00	0,0	162,0	1,2	118,8	16,8	23,4	3,0	7,2		0,0	7,2	0,2
Melia azedarach	11	3,0	218,0	2,1	165,5	3,2	118,8	3,2	0,00	0,0	312,4	2,2	228,8	33,0	45,1	5,5	0,0		3,3	3,3	0,1
Morus alba	2	0,5	55,1	0,5	31,6	0,6	22,8	0,6	0,00	0,0	72,6	0,5	53,2	7,6	10,4	1,4	0,0		10,6	10,6	0,3
Morus nigra	2	0,5	41,1	0,4	36,0	0,7	25,8	0,7	0,00	0,0	62,2	0,4	45,6	6,4	9,0	1,2	0,0		10,6	10,6	0,3
Morus plataniifolia fruitless	12	3,2	515,3	5,0	233,4	4,6	168,0	4,5	0,00	0,0	694,8	5,0	510,0	72,0	99,6	13,2	0,0		118,8	118,8	3,3
Ostrya carpinifolia	6	1,6	174,0	1,7	79,3	1,6	57,0	1,5	0,00	0,0	391,2	2,8	287,4	40,8	55,8	7,2	0,0		0,0	0,0	0,0
Parrotia persica	4	1,1	101,3	1,0	38,2	0,7	27,6	0,7	0,04	5,8	140,8	1,0	103,6	14,8	20,0	2,4	117,6		27,6	145,2	4,1
Parrotia persica Bella	2	0,5	50,6	0,5	19,1	0,4	13,8	0,4	0,02	2,9	70,4	0,5	51,8	7,4	10,0	1,2	58,8		13,8	72,6	2,0
Parrotia persica Vanessa blue	3	0,8	76,0	0,7	28,6	0,6	20,7	0,6	0,03	4,3	105,6	0,8	77,7	11,1	15,0	1,8	88,2		20,7	108,9	3,1
Paulownia fortunei Minifast Fast	1	0,3	12,8	0,1	8,4	0,2	6,2	0,2	0,00	0,0	32,0	0,2	23,5	3,3	4,6	0,6	0,0		0,0	0,0	0,0
Platanus Vallis Clausa	6	1,6	118,9	1,2	52,8	1,0	39,0	1,1	0,00	0,0	367,8	2,6	270,0	38,4	52,8	6,6	182,4		0,6	183,0	5,1
Populus tremula	2	0,5	31,6	0,3	25,0	0,5	18,2	0,5	0,00	0,0	39,8	0,3	29,2	4,2	5,6	0,8	66,8		3,6	70,4	2,0
Populus tremula Erecta	12	3,2	189,4	1,8	149,7	2,9	109,2	3,0	0,00	0,0	238,8	1,7	175,2	25,2	33,6	4,8	400,8		21,6	422,4	11,9
Prunus avium plena	5	1,3	132,1	1,3	75,2	1,5	54,5	1,5	0,00	0,0	153,5	1,1	112,5	16,0	22,0	3,0	0,0		3,5	3,5	0,1
Punica granatum	3	0,8	100,2	1,0	55,1	1,1	40,2	1,1	0,00	0,0	29,7	0,2	21,9	3,0	4,2	0,6	0,0		0,0	0,0	0,0
Pyrus calleryana	12	3,2	281,9	2,7	162,9	3,2	116,4	3,1	0,00	0,0	471,6	3,4	346,8	49,2	67,2	8,4	0,0		26,4	26,4	0,7
Quercus Crimson Spire	16	4,3	1.010,0	9,8	393,4	7,7	288,0	7,8	0,00	0,0	473,6	3,4	348,8	49,6	67,2	8,0	774,4		526,4	1.300,8	36,6
Quercus ilex	3	0,8	114,5	1,1	57,3	1,1	41,4	1,1	0,03	4,3	390,6	2,8	147,0	117,3	120,9	5,4	194,4		139,2	333,6	9,4
Quercus robur	3	0,8	154,1	1,5	80,4	1,6	58,8	1,6	0,00	0,0	91,2	0,7	66,9	9,6	12,9	1,8	100,5		68,4	168,9	4,7
Robinia pseudoacacia	1	0,3	25,7	0,3	17,6	0,3	12,8	0,3	0,00	0,0	31,5	0,2	23,1	3,3	4,5	0,6	21,6		10,0	31,6	0,9
Sophora japonica	5	1,3	190,8	1,9	97,3	1,9	70,5	1,9	0,00	0,0	82,5	0,6	60,5	8,5	12,0	1,5	17,5		5,5	23,0	0,6
Sophora japonica Fastigiata	28	7,5	1.068,7	10,4	544,6	10,7	394,8	10,7	0,00	0,0	462,0	3,3	338,8	47,6	67,2	8,4	98,0		30,8	128,8	3,6
Tilia tomentosa	7	1,9	164,4	1,6	71,9	1,4	52,5	1,4	0,07	10,1	483,7	3,4	354,9	50,4	69,3	9,1	0,0		0,0	0,0	0,0
Ulmus Sapporo Gold	6	1,6	123,3	1,2	70,5	1,4	50,4	1,4	0,00	0,0	184,8	1,3	135,6	19,2	26,4	3,6	0,0		20,4	20,4	0,6
Zelkova serrata	8	2,2	132,1	1,3	64,6	1,3	46,4	1,3	0,00	0,0	294,4	2,1	216,0	30,4	42,4	5,6	0,0		4,8	4,8	0,1
TOTALE	371	100	10.256,2	100	5.108,3	100	3.701,6	100	0,69	100,0	14.025,7	100	10.095,7	1.574,5	2.102,4	253,1	2.145,4		1.412,7	3.558,1	100,0