



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto di Biometeorologia

RELAZIONE PARCO STORICO BOSCO ALBERGATI

A cura di

Rita Baraldi, Osvaldo Facini, Luisa Neri, Giulia Carriero

Gruppo di Ricerca IBIMET-CNR



SEDE Bologna

Via Piero Gobetti, 101 - 40129 Bologna

Tel. +39 0516399014 Fax. +39 0516399024

INDICE	pag.
Riassunto	3
1. INTRODUZIONE	4
1.1. Area di studio	5
1.2. Piante esaminate	6
2. METODOLOGIA	9
3. RISULTATI	12
3.1. CO ₂ sequestrata e immagazzinata come biomassa nelle piante	12
3.2. Rimozione di inquinanti atmosferici	17
3.3. Potenziale di formazione dell'ozono troposferico	21
4. CONCLUSIONI	22
5. BIBLIOGRAFIA	23

Bologna, 25/07/2018

RIASSUNTO

Il gruppo di ricerca dell'Istituto di Biometeorologia (IBIMET) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) di Bologna è impegnato, attraverso studi morfo-fisiologici e l'utilizzo di modelli previsionali, nella corretta selezione di specie arboree ed arbustive sulla base dei servizi ecosistemici che esse forniscono nella mitigazione ambientale (sequestro di CO₂, assorbimento potenziale di inquinanti gassosi e cattura del particolato, emissione di Composti Organici Volatili-COV e potenziale di formazione di ozono). In questo studio, il gruppo di ricerca si è occupato di quantificare dal punto di vista ambientale, i benefici prodotti dalle piante arboree ed arbustive presenti nel Parco storico Bosco Albergati. Attraverso l'applicazione di algoritmi e del modello i-Tree Eco, concepito dal Servizio forestale del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (USDA), il gruppo di ricerca ha quantificato il sequestro annuale di anidride carbonica (CO₂) dall'atmosfera e la quantità di CO₂ immagazzinata, sotto forma di biomassa, dalle specie vegetali presenti nel parco fino allo stato attuale di crescita. E' stata inoltre stimata l'abilità delle specie vegetali di filtrare dall'aria inquinanti atmosferici gassosi come l'ozono (O₃) e il particolato atmosferico (PM10).

1. INTRODUZIONE

I cambiamenti climatici che stanno investendo il nostro pianeta sono conseguenza di un progressivo riscaldamento globale amplificato dall'aumento delle emissioni di anidride carbonica (CO₂) ma anche dalla presenza nell'aria di polveri e di inquinanti gassosi prodotti dalle attività antropiche. I processi di industrializzazione, di urbanizzazione e del rapido aumento della popolazione del pianeta hanno causato negli ultimi due secoli un aumento dell'inquinamento. Le emissioni di inquinanti derivati dal traffico veicolare, dalle industrie e dal riscaldamento domestico hanno portato all'accumulo di inquinanti gassosi, e.g. ossidi di zolfo (SO_x), ossidi di azoto (NO_x), monossido di carbonio (CO) e idrocarburi tra cui il benzene e gli Idrocarburi Policiclici aromatici (IPA) e inquinanti particellari in atmosfera. Tutti questi inquinanti alterano la normale composizione chimica dell'atmosfera e rappresentano un pericolo per la salute. Tra questi, un inquinante molto pericoloso oltre al benzene, è il particolato atmosferico che proviene sia da fonti naturali (spore, erosioni di rocce o eruzioni vulcaniche) che antropiche (prodotti della combustione, emissioni da autoveicoli etc.). Il particolato definito PM10 è formato da particelle con un diametro inferiore o uguale a 10 µm mentre il PM2.5 da particelle con un diametro inferiore o uguale a 2.5 µm. Un tipo di particolato estremamente pericoloso è rappresentato dalle polveri ultrafini (PM0.1) poiché penetra negli alveoli polmonari provocando malattie croniche-acute a carico dell'apparato cardiovascolare e respiratorio. Un altro inquinante gassoso molto pericoloso per la salute è l'ozono (O₃) troposferico in quanto provoca danni all'apparato respiratorio e circolatorio. Questo gas è un inquinante secondario, quindi non viene emesso da una sorgente nell'aria ma si forma in seguito a reazioni fotochimiche che avvengono in atmosfera a carico di precursori (NO_x e idrocarburi).

I problemi di inquinamento dell'aria nelle grandi città vengono generalmente fronteggiati attraverso la riduzione o il blocco del traffico veicolare per cercare di ridurre le emissioni di gas nocivi (NO_x e polveri). Molto spesso viene data scarsa attenzione alla vegetazione che invece, pur non potendo risolvere tutti i problemi ambientali, ha una grande potenzialità nella mitigazione climatica e nel miglioramento della qualità dell'aria in quanto funge da filtro nella riduzione dell'inquinamento urbano e dei gas serra. Le piante, infatti, attraverso il processo fotosintetico, sequestrano la CO₂ dall'atmosfera e producono ossigeno. Inoltre, in virtù di questa loro capacità, sono in grado di sequestrare dall'atmosfera alcune sostanze nocive attraverso l'assorbimento e la deposizione di inquinanti (Beckett et al., 2000; Nowak et al., 2000; 2006). Un altro aspetto molto importante da considerare in ambienti antropizzati,

riguarda la capacità delle piante di sintetizzare e rilasciare nell'aria composti organici volatili (COV). I COV sono metaboliti secondari indispensabili per la crescita e sopravvivenza delle piante in quanto svolgono importanti ruoli ecofisiologici (e.g. attrazione per gli insetti impollinatori, protezione contro attacchi di funghi o insetti o contro stress abiotici causati da condizioni ambientali sfavorevoli) (Kesselmeier e Staudt, 1999) e possono, al tempo stesso, influenzare la chimica dell'atmosfera (Chameides et al., 1988). Infatti, in prossimità di sorgenti di NO_x giocano un ruolo nel bilancio di formazione – distruzione di O_3 . I COV comprendono diverse famiglie chimiche tra le quali le più abbondanti sono i terpeni (monoterpeni e isoprene). In ambienti antropizzati, è importante selezionare specie vegetali più idonee cioè con una bassa emissione di COV e quindi un basso potenziale di formazione di O_3 , o ridurre le superfici destinate a piante con più alte emissioni, specialmente nelle aree fortemente inquinate. Il presente studio si propone di stimare il sequestro e l'immagazzinamento di CO_2 dall'atmosfera da parte delle specie vegetali presenti nel Bosco Albergati attraverso analisi morfo-fisiologiche e l'utilizzo di una applicazione software (i-Tree Eco) e, attraverso l'utilizzo di algoritmi derivati dalla letteratura, di stimare la capacità delle stesse di rimuovere alcuni dei più importanti inquinanti atmosferici (O_3 , PM_{10}). Inoltre in questo studio viene stimato il potenziale di formazione dell'ozono troposferico attraverso la stima dei COV emessi dalla vegetazione (Benjamin e Winer, 1998).

1.1 Area di studio

Il parco storico di Bosco Albergati ha un'ampiezza di 44 ettari, si trova nella frazione di Cavazzona nel Comune di Castelfranco Emilia in provincia di Modena ed ospita una villa cinquecentesca di proprietà dei marchesi Albergati. Nel 1990 l'architetto Cesare Leonardi presentò un progetto di ripristino dell'area boschiva che prevedeva la piantagione di circa quaranta ettari di terreno attorno al nucleo storico, attuando un modello da lui ideato e denominato Struttura Reticolare Acentrata. Attualmente il parco della villa ospita rare piante centenarie ed è caratterizzato in larga parte da querce con la presenza di altre specie arboree.

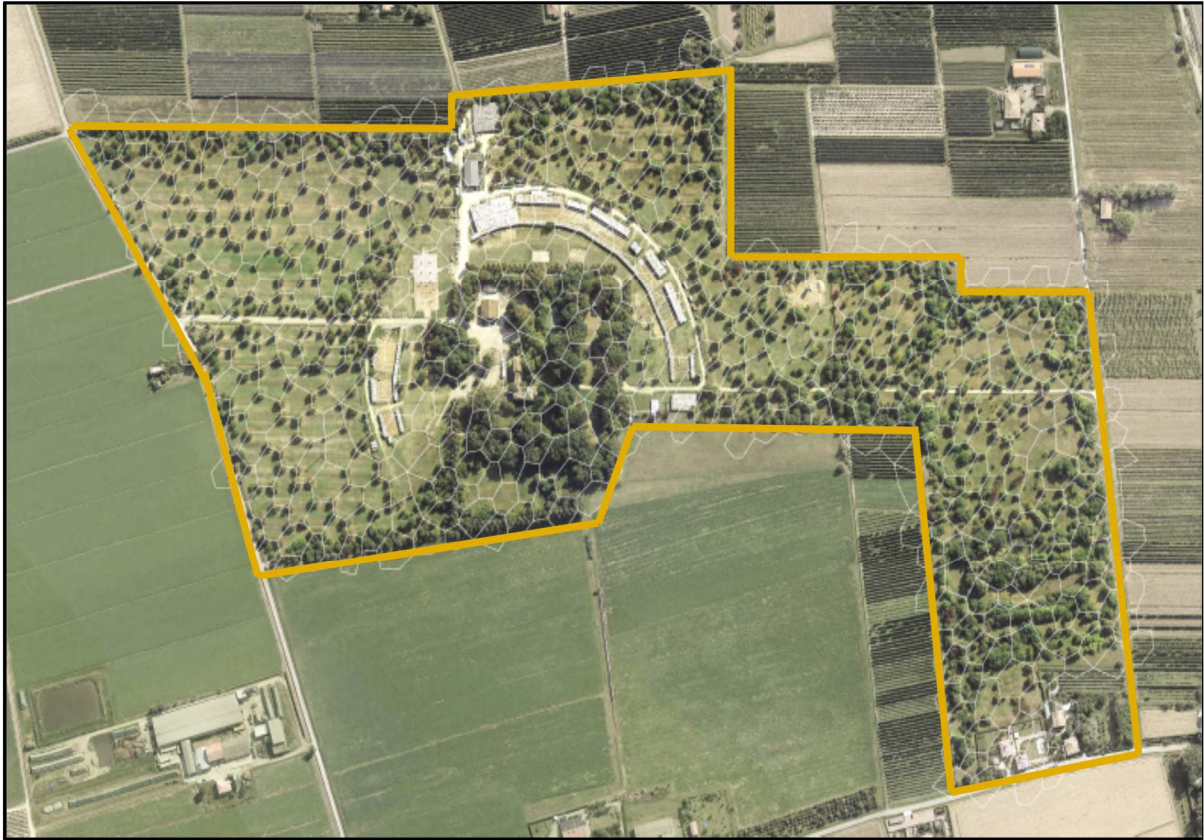


Fig. 1. Area del Parco Storico del Bosco Albergati nel Comune di Castelfranco Emilia (Mo).

1.2. Piante esaminate

In questo studio sono state analizzate sia piante arboree che arbustive. Le piante appartengono a specie vegetali differenti e presentano varie caratteristiche morfologiche e fisiologiche (età, dimensioni, diametro del fusto, efficienza fotosintetica, emissione di COV). Data la quantità e la distribuzione delle piante è stata effettuata una suddivisione in due gruppi principali:

1. Alberi

- 971 farnie (*Quercus robur*)
- 153 susini (*Prunus domestica*)
- 139 aceri (*Acer campestre*)
- 72 frassini (*Fraxinus ornus*)
- 43 tigli (*Tilia platyphyllos*)

2. Piante e arbusti in siepi o filari:

- Prugnolo selvatico (*Prunus spinosa*)
- Biancospino (*Crataegus* spp.)
- Berretta del Prete (*Euonymus europaeus*)
- Scotano (*Cotinus coggygria*)
- Lantana (*Viburnum lantana*)
- Cotonastro (*Cotoneaster*)
- Crespino comune (*Berberis vulgaris*)
- Corniolo (*Cornus mas*)
- Fior d'Angiolo (*Philadelphus coronarius*)
- Aceri
- Frassini
- Farnie
- Pioppi
- Susini
- Taxodi
- Sambuchi
- Olmi
- Lauro
- Maclura

Mentre nel primo gruppo è stato possibile conteggiare le piante analizzate, nel secondo è stata eseguita una stima della biomassa totale dato l'ingente numero di specie, la disposizione in siepi o filari e quindi l'impossibilità di una identificazione puntuale.

Per quanto riguarda la categoria 1. *Alberi* la specie più rappresentativa come numero di piante è il *Quercus robur* (62%), seguita dal *Prunus domestica* (10%), dall' *Acer campestre* (9%), dal *Fraxinus* spp. (5%), dalla *Tilia platyphyllos* (3%), dalla *Gleditsia triacanthos* (3%) e dal *Populus alba* (2%). Tutte le altre specie rappresentano il 6% (Fig. 2). Nella categoria 2. *Piante e arbusti in siepi o filari*, l'80% è rappresentato da arbusti e cespugli, il 4% dal *Fraxinus ornus*, il 4% dal *Populus nigra*, il 4% dal *Quercus robur* e il 4% dal *Taxodium distichum* (Fig. 3). Sono state analizzate un totale di **1564** piante per la categoria 1. e **1766** piante per la categoria 2.

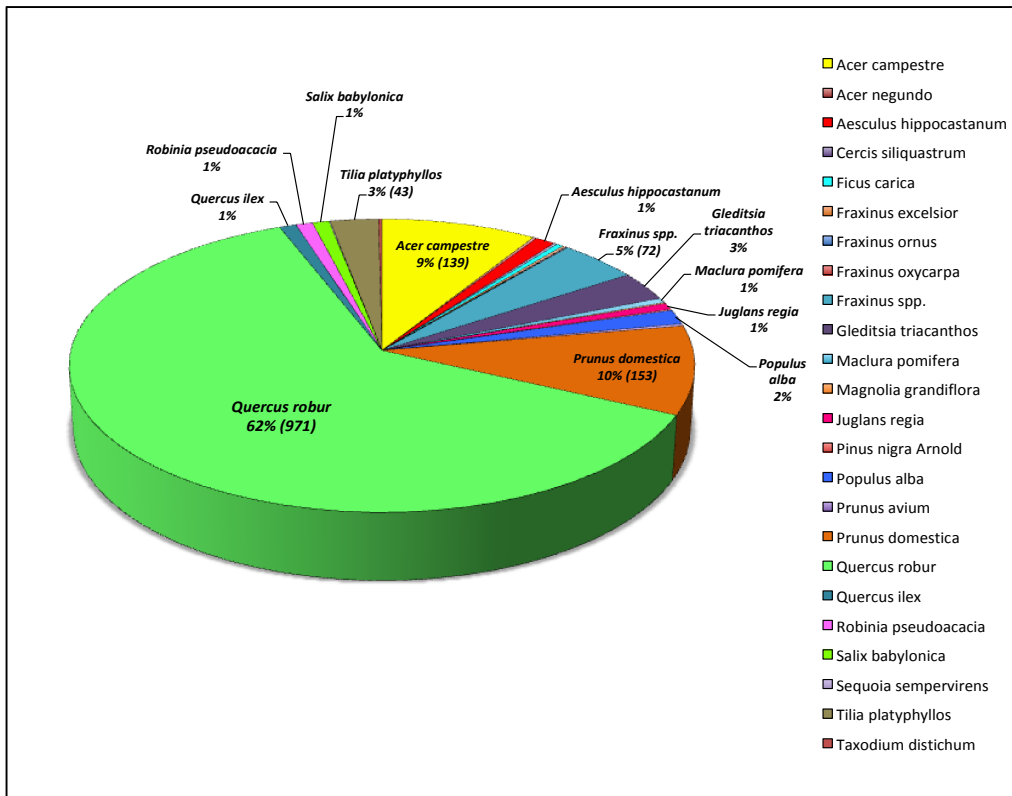


Fig. 2. Distribuzione percentuale del numero di piante per specie nella categoria
1. Alberi.

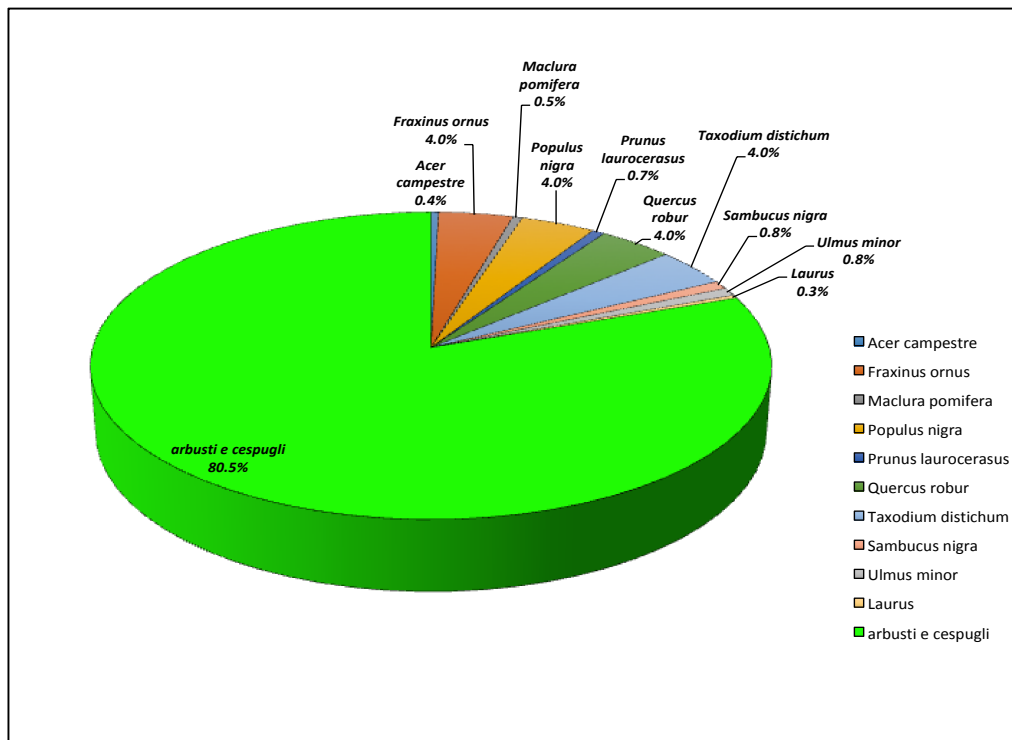


Fig. 3. Distribuzione percentuale del numero di piante nella categoria
2. Piante e arbusti in siepi o filari.

2. METODOLOGIA

L'analisi relativa alla stima del sequestro e dell'immagazzinamento di CO₂ da parte delle piante è stata effettuata attraverso l'applicazione del modello i-Tree Eco che ha quantificato i benefici prodotti dal verde dal punto di vista ambientale. Il calcolo è stato eseguito combinando i dati strutturali della vegetazione (altezza totale del fusto, diametro del tronco, copertura della chioma, area fogliare, biomassa fogliare ed indice di area fogliare – LAI) con quelli relativi alle condizioni microclimatiche della zona di studio (Hirabayashi et al., 2015). La rimozione di inquinanti (O₃ e PM10) è stata invece stimata attraverso l'applicazione di diversi algoritmi presenti in bibliografia (Benjamin et al. 1998; Nowak, 2006; Manes et al., 2016). Gli algoritmi si basano sui meccanismi di rimozione degli inquinanti atmosferici da parte delle piante mediante assorbimento e deposizione secca sulla vegetazione, nei quali giocano un ruolo importante le superfici fogliari e la copertura della chioma. La tabella 1 di seguito riporta i dati strutturali forniti dal modello i-Tree Eco per singola pianta arborea analizzata e presente nel parco Bosco Albergati.

Tab.1. Numero di piante per ogni specie e diametro, e relativi parametri biometrici per singola pianta stimati dal modello i-Tree Eco.

Numero di piante	Specie	Circonferenza [cm]	Diametro [cm]	Copertura chioma [m ²]	Area fogliare [m ²]	Biomassa fogliare secca [kg]	LAI
1	<i>Acer campestre</i>	65	20.70	34.2	283.6	16	8.3
2	<i>Acer campestre</i>	110	35.03	66.5	578.9	32.6	8.7
80	<i>Acer campestre</i>	62	19.75	32.2	262.5	14.8	8.2
56	<i>Acer campestre</i>	52	16.56	26.4	197.3	11.1	7.5
3	<i>Acer negundo</i>	170	54.14	89.9	589.3	53.9	6.6
1	<i>Aesculus hippocastanum</i>	110	35.03	67.9	590.9	41.3	8.7
17	<i>Aesculus hippocastanum</i>	41	13.06	18.9	153.6	10.7	8.1
1	<i>Cercis siliquastrum</i>	85	27.07	43	279.5	17.9	6.5
1	<i>Cercis siliquastrum</i>	70	22.29	34.2	205.4	13.2	6
1	<i>Cercis siliquastrum</i>	40	12.74	18.1	81.9	5.2	4.5
6	<i>Ficus carica</i>	70	22.29	38.5	227.7	17	5.9
1	<i>Fraxinus excelsior</i>	410	130.57	126.7	747.4	79.5	5.9
1	<i>Fraxinus excelsior</i>	170	54.14	102.1	622.6	66.2	6.1
1	<i>Fraxinus excelsior</i>	230	73.25	124.7	735.7	78.3	5.9
1	<i>Fraxinus ornus</i>	100	31.85	56.7	387.2	27.6	6.8
1	<i>Fraxinus oxycarpa</i>	170	54.14	102.1	520.6	37.1	5.1
72	<i>Fraxinus spp.</i>	80	25.48	41.9	25.8	25.8	0.1
50	<i>Gleditsia triacanthos</i>	86	27.39	58.1	127.4	13.3	2.2
8	<i>Maclura pomifera</i>	96	30.57	47.8	327.6	32.9	6.9
2	<i>Magnolia grandiflora</i>	30	9.55	13.2	76.3	10.3	5.8
11	<i>Juglans regia</i>	93	29.62	51.5	592.6	25	11.5
2	<i>Pinus nigra Arnold</i>	85	27.07	28.3	167.5	16.1	5.9
25	<i>Populus alba</i>	40	12.74	7.5	35.7	3.1	4.7
4	<i>Prunus avium</i>	80	25.48	38.5	224.7	17.4	5.8
3	<i>Prunus domestica</i>	101	32.17	47.8	335	25.9	7
150	<i>Prunus domestica</i>	65	20.70	28.3	168.3	13	6
1	<i>Quercus robur</i>	460	146.50	326.9	1405.5	93.6	4.3

Numero di piante	Specie	Circonferenza [cm]	Diametro [cm]	Copertura chioma [m ²]	Area fogliare [m ²]	Biomassa fogliare secca [kg]	LAI
1	<i>Quercus robur</i>	290	92.36	227	1066.8	71	4.7
1	<i>Quercus robur</i>	310	98.73	243.3	1119.1	74.5	4.6
1	<i>Quercus robur</i>	280	89.17	219	1029.5	68.5	4.7
1	<i>Quercus robur</i>	240	76.43	181.5	889.1	59.2	4.9
50	<i>Quercus robur</i>	400	127.39	304.8	1310.7	87.3	4.3
1	<i>Quercus robur</i>	600	191.08	333.3	1433.2	95.4	4.3
260	<i>Quercus robur</i>	74	23.57	36.3	248.3	16.5	6.8
4	<i>Quercus robur</i>	71	22.61	34.2	231.2	15.4	6.8
120	<i>Quercus robur</i>	120	38.22	70.9	361.5	24.1	5.1
18	<i>Quercus robur</i>	180	57.32	124.7	623.5	41.5	5
40	<i>Quercus robur</i>	92	29.30	49	359.1	23.9	7.3
75	<i>Quercus robur</i>	180	57.32	124.7	623.5	41.5	5
100	<i>Quercus robur</i>	150	47.77	96.8	483.8	32.2	5
90	<i>Quercus robur</i>	130	41.40	78.5	400.6	26.7	5.1
85	<i>Quercus robur</i>	105	33.44	58.1	417.7	27.8	7.2
63	<i>Quercus robur</i>	115	36.62	66.5	457.9	30.5	6.9
60	<i>Quercus robur</i>	147	46.82	95	475.2	31.6	5
15	<i>Quercus ilex</i>	85	27.07	43	270.2	26.7	26.7
15	<i>Robinia pseudoacacia</i>	36	11.46	16.6	74.2	4	4.5
15	<i>Salix spp.</i>	62	19.75	22.9	127.8	7.9	5.6
1	<i>Sequoia sempervirens</i>	25	7.96	3.5	26.7	4.2	7.7
1	<i>Tilia platyphyllos</i>	130	41.40	63.6	558.3	33	8.8
1	<i>Tilia platyphyllos</i>	110	35.03	50.3	451.4	26.7	9
1	<i>Tilia platyphyllos</i>	120	38.22	56.7	505.2	29.9	8.9
40	<i>Tilia platyphyllos</i>	63	20.06	22.9	164.4	9.7	7.2
1	<i>Taxodium distichum</i>	120	38.22	38.5	529.8	83	13.8
1	<i>Taxodium distichum</i>	200	63.69	70.9	637.9	99.9	9
1	<i>Taxodium distichum</i>	85	27.07	22.9	273.6	42.8	11.9

3. RISULTATI

3.1. CO₂ sequestrata e immagazzinata come biomassa dalle piante

Attraverso il modello i-Tree Eco è stato possibile quantificare la capacità delle piante presenti nel bosco di sequestrare e quindi rimuovere annualmente la CO₂ atmosferica e di immagazzinarla nella biomassa nel corso del loro ciclo vitale. L'intera area verde ha una capacità di sequestro annuale della CO₂ atmosferica attraverso la fotosintesi, pari a 167.3 t/anno ed ha immagazzinato dal momento della messa a dimora fino ad oggi sotto forma di biomassa vegetale, 3130 t di CO₂ (Tab. 2 e 3). A questi valori hanno concorso le diverse specie in funzione delle proprie caratteristiche fisiologiche e del numero di piante presenti. Per quanto riguarda la categoria 1. *Alberi*, il 79% del sequestro (Fig. 4) e il 90% dell'immagazzinamento annuale di CO₂ (Fig. 5) è determinato dal *Quercus robur* ed è dovuto alle dimensioni di queste piante e dal gran numero di esemplari presenti per questa specie. La seconda specie con i più alti valori di sequestro e immagazzinamento di CO₂ è risultato essere il *Prunus domestica*. Tutte le altre specie, anche se presenti in quantità minore rispetto al *Quercus robur* e al *Prunus domestica*, contribuiscono a sequestrare dall'atmosfera 18 t all'anno e immagazzinare come biomassa 183 t di CO₂ (Tab. 2).

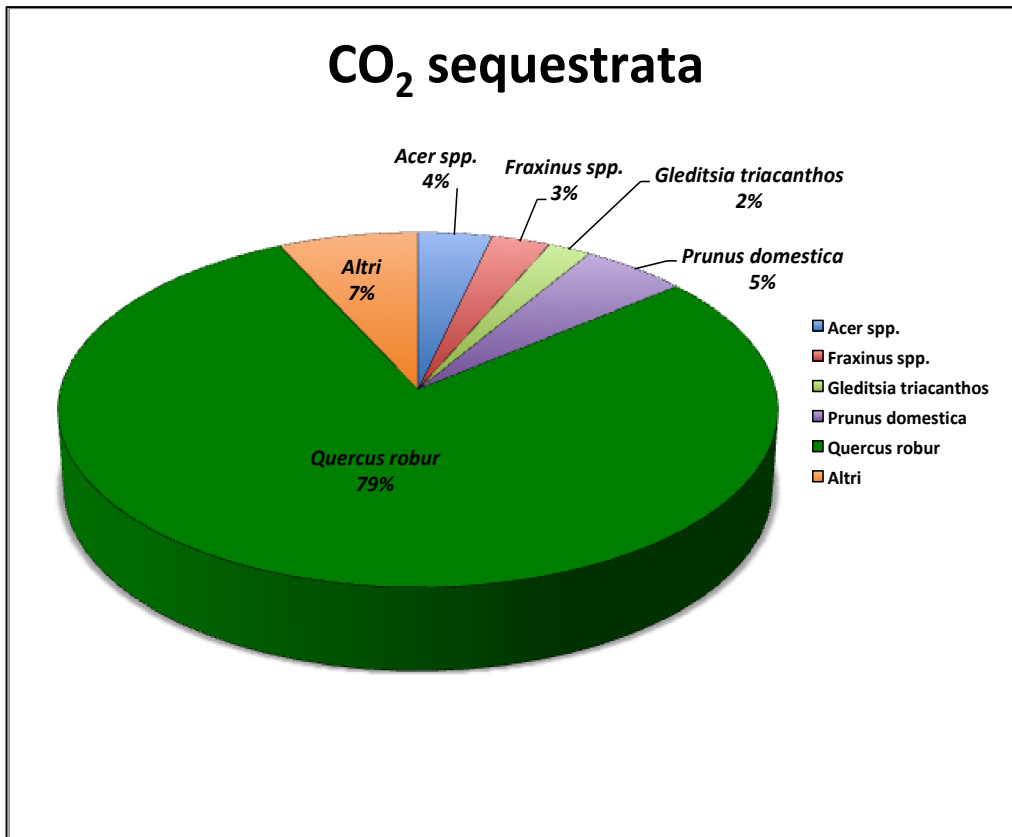


Fig. 4 Distribuzione percentuale della CO₂ sequestrata dalle piante di ciascuna specie (1. Alberi).

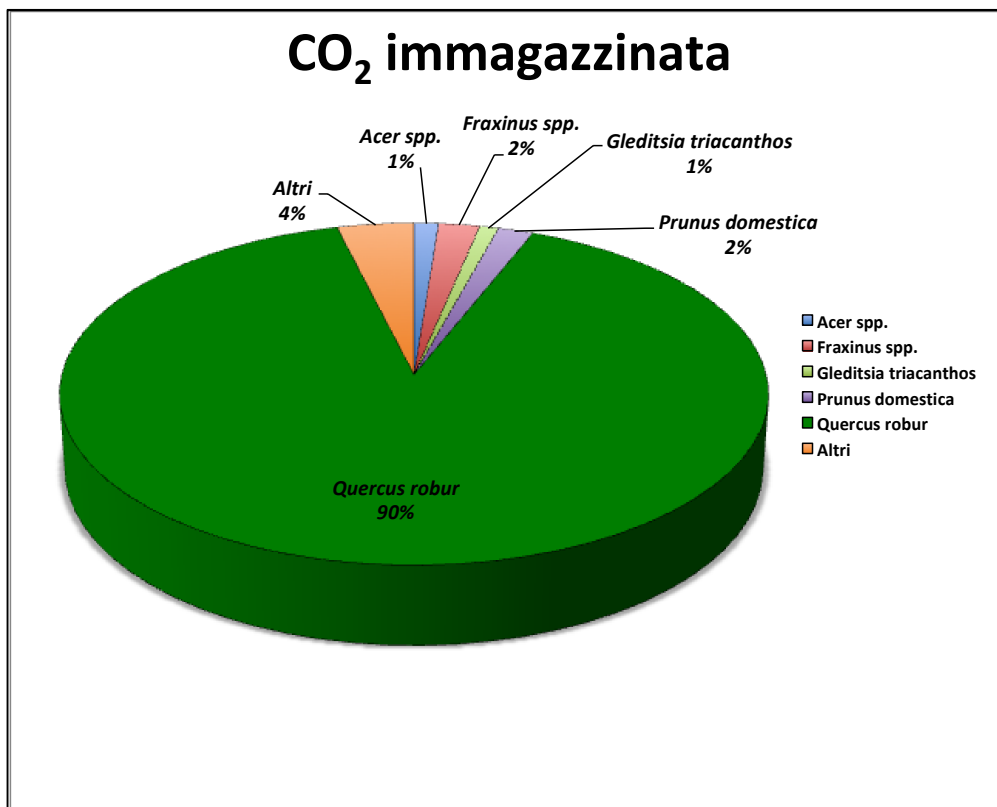


Fig.5 Distribuzione percentuale della CO₂ immagazzinata dalle piante di ciascuna specie (1. Alberi).

Tab.2. CO₂ sequestrata dall'atmosfera e immagazzinata nella biomassa dalle piante di ciascuna specie (1. Alberi).

numero di piante per specie	Specie	CO ₂ sequestrata	CO ₂ immagazzinata
		t anno ⁻¹	t
139	<i>Acer campestre</i>	5.0	37.8
3	<i>Acer negundo</i>	0.4	8.6
18	<i>Aesculus hippocastanum</i>	0.4	2.6
3	<i>Cercis siliquastrum</i>	0.1	1.0
6	<i>Ficus carica</i>	0.3	2.0
3	<i>Fraxinus excelsior</i>	0.5	24.4
1	<i>Fraxinus ornus</i>	0.1	0.7
1	<i>Fraxinus oxycarpa</i>	0.1	2.5
72	<i>Fraxinus spp.</i>	3.2	31.6
50	<i>Gleditsia triacanthos</i>	2.8	27.2
8	<i>Maclura pomifera</i>	0.5	5.7
2	<i>Magnolia grandiflora</i>	0.03	0.1
11	<i>Juglans regia</i>	0.7	7.4
2	<i>Pinus nigra Arnold</i>	0.04	0.5
25	<i>Populus alba</i>	0.4	1.6
4	<i>Prunus avium</i>	0.2	2.1
153	<i>Prunus domestica</i>	6.9	50.7
971	<i>Quercus robur</i>	102.3	2550.3
15	<i>Quercus ilex</i>	1.4	9.7
15	<i>Robinia pseudoacacia</i>	0.3	1.0
15	<i>Salix spp.</i>	0.5	3.8
1	<i>Sequoia sempervirens</i>	0.01	0.02
43	<i>Tilia platyphyllos</i>	1.1	9.3
3	<i>Taxodium distichum</i>	0.1	3.1
1564		126.8	2783.9

Per quanto riguarda la categoria 2. *Piante e arbusti in siepi*, il 34% e il 31% rispettivamente del sequestro e dell'immagazzinamento di CO₂ è rappresentato dal *Quercus robur*, il 17% e il 14% dal *Fraxinus ornus*, il 7% e il 22% dal *Populus nigra* (Fig. 6-7). Inoltre il 27% del sequestro e il 19% dell'immagazzinamento è rappresentato dal gruppo arbusti e cespugli. Queste piante hanno le più alte percentuali di sequestro e di immagazzinamento di CO₂ nella categoria indicata (Tab.3).

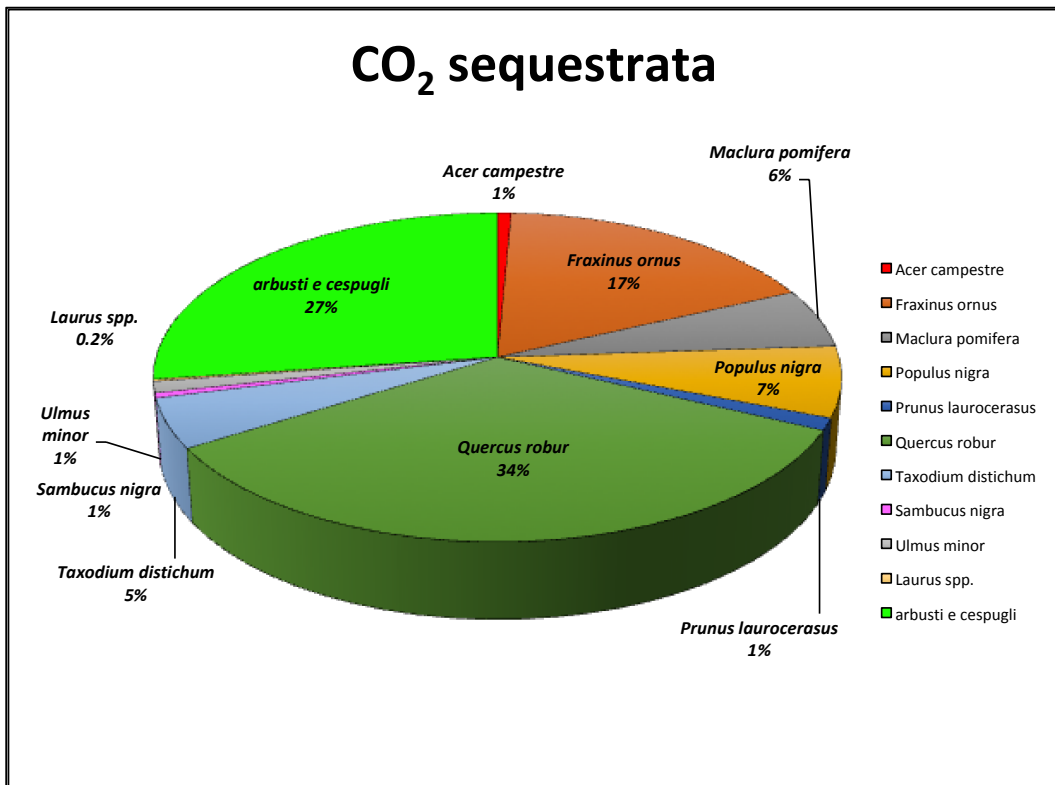


Fig.6 Distribuzione percentuale della CO₂ sequestrata dalle piante di ciascuna specie (2. Piante e arbusti in siepi).

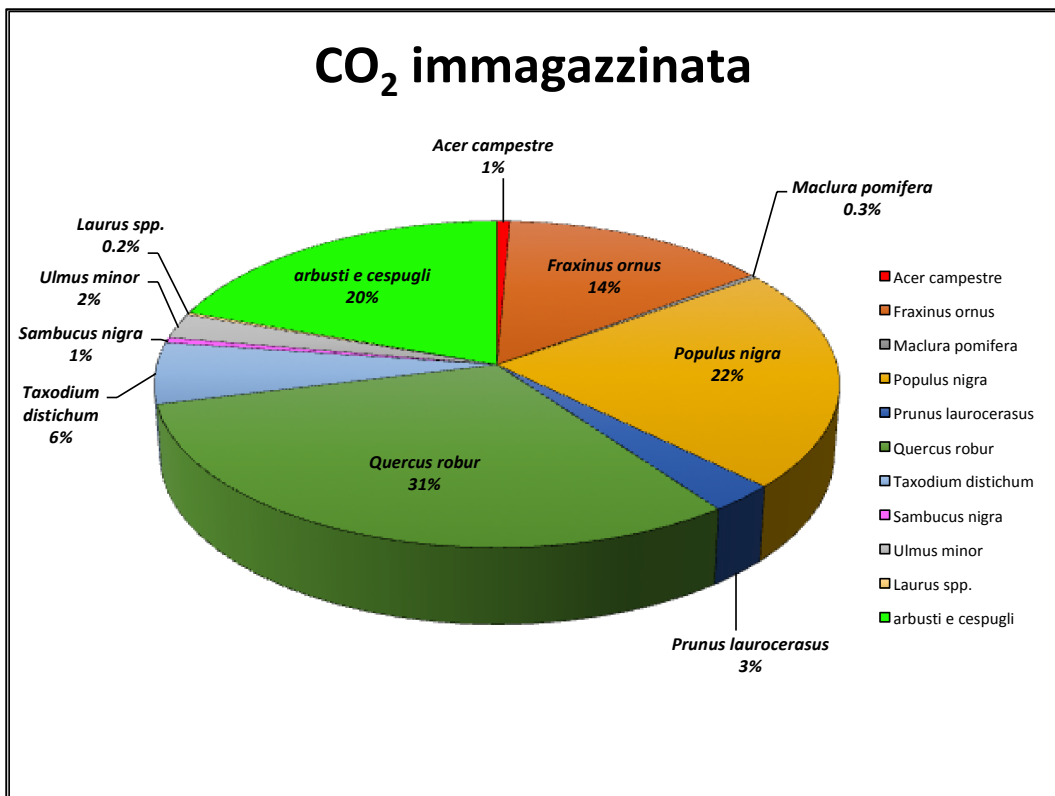


Fig.7 Distribuzione percentuale della CO₂ immagazzinata dalle piante di ciascuna specie (2. Piante e arbusti in siepi).

Tab.3. CO₂ sequestrata dall' atmosfera e immagazzinata nella biomassa delle piante di ciascuna specie (2. Piante e arbusti in siepi).

Numero di piante per specie	Specie	CO ₂ sequestrata	CO ₂ immagazzinata
		t anno ⁻¹	t
7	<i>Acer campestre</i>	0.3	2.3
70	<i>Fraxinus ornus</i>	7.0	49.0
9	<i>Maclura pomifera</i>	2.3	1.1
70	<i>Populus nigra</i>	3.0	76.3
12	<i>Prunus laurocerasus</i>	0.5	9.7
70	<i>Quercus robur</i>	13.7	107.8
70	<i>Taxodium distichum</i>	2.0	21.0
15	<i>Sambucus nigra</i>	0.2	1.8
15	<i>Ulmus minor</i>	0.5	8.5
6	<i>Laurus spp.</i>	0.1	0.8
1422	<i>arbusti e cespugli</i>	10.9	67.7
1766		40.5	346.1

3.2. Rimozione di inquinanti atmosferici

Gli algoritmi per il calcolo della rimozione di inquinanti atmosferici applicati per l'analisi della deposizione di inquinanti (PM₁₀ e ozono) dalla vegetazione presente nel parco hanno evidenziato che le piante analizzate in questo studio rimuovono rispettivamente 196 kg all'anno di PM₁₀ e assorbono 275 kg all'anno di ozono. Nella categoria 1. *Alberi*, le piante di *Quercus robur* presenti nel parco in gran numero sono quelle che contribuiscono maggiormente alla riduzione degli inquinanti e rispettivamente rimuovono il 74% di PM₁₀ e il 78% di ozono rispetto al totale (Fig. 8-9).

Tab. 4. PM₁₀ rimosso e ozono (O₃) assorbito annualmente dalle piante di ciascuna specie (1. *Alberi*)

numero di piante per specie	Specie	PM ₁₀ assorbito	O ₃ assorbito
		kg pianta ⁻¹ anno ⁻¹	kg pianta ⁻¹ anno ⁻¹
139	<i>Acer campestre</i>	7.9	8.0
3	<i>Acer negundo</i>	0.4	0.5
18	<i>Aesculus hippocastanum</i>	0.8	0.7
3	<i>Cercis siliquastrum</i>	0.1	0.2
6	<i>Ficus carica</i>	0.3	0.4
3	<i>Fraxinus excelsior</i>	0.5	0.7
1	<i>Fraxinus ornus</i>	0.1	0.1
1	<i>Fraxinus oxycarpa</i>	0.1	0.2
72	<i>Fraxinus spp.</i>	4.9	5.7
50	<i>Gleditsia triacanthos</i>	1.5	5.5
8	<i>Maclura pomifera</i>	0.6	0.7
2	<i>Magnolia grandiflora</i>	0.1	0.1
11	<i>Juglans regia</i>	1.5	1.1
2	<i>Pinus nigra Arnold</i>	0.2	0.2
25	<i>Populus alba</i>	0.2	0.4
4	<i>Prunus avium</i>	0.2	0.3
153	<i>Prunus domestica</i>	6.3	8.3
971	<i>Quercus robur</i>	101.7	151.3
15	<i>Quercus ilex</i>	8.1	2.4
15	<i>Robinia pseudoacacia</i>	0.3	0.5
15	<i>Salix spp.</i>	0.5	0.6
1	<i>Sequoia sempervirens</i>	0.01	0.01
43	<i>Tilia platyphyllos</i>	1.9	2.1
3	<i>Taxodium distichum</i>	0.7	0.5
1564		138.9	190.5

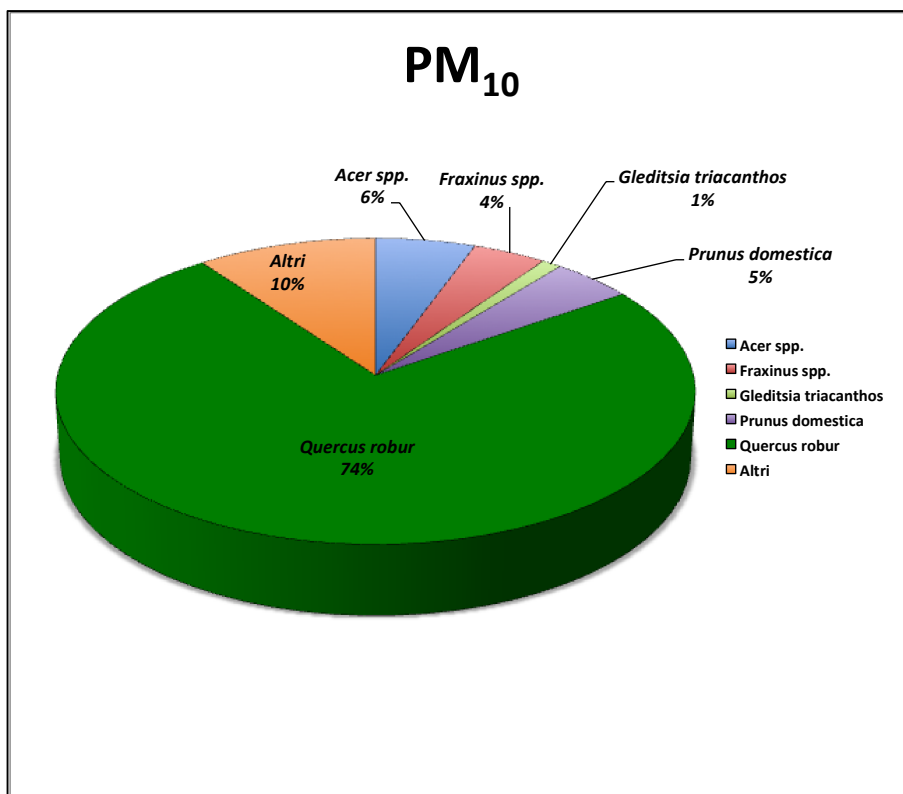


Fig.8. Percentuale di PM₁₀ rimosso dalle piante di ciascuna specie (1. Alberi).

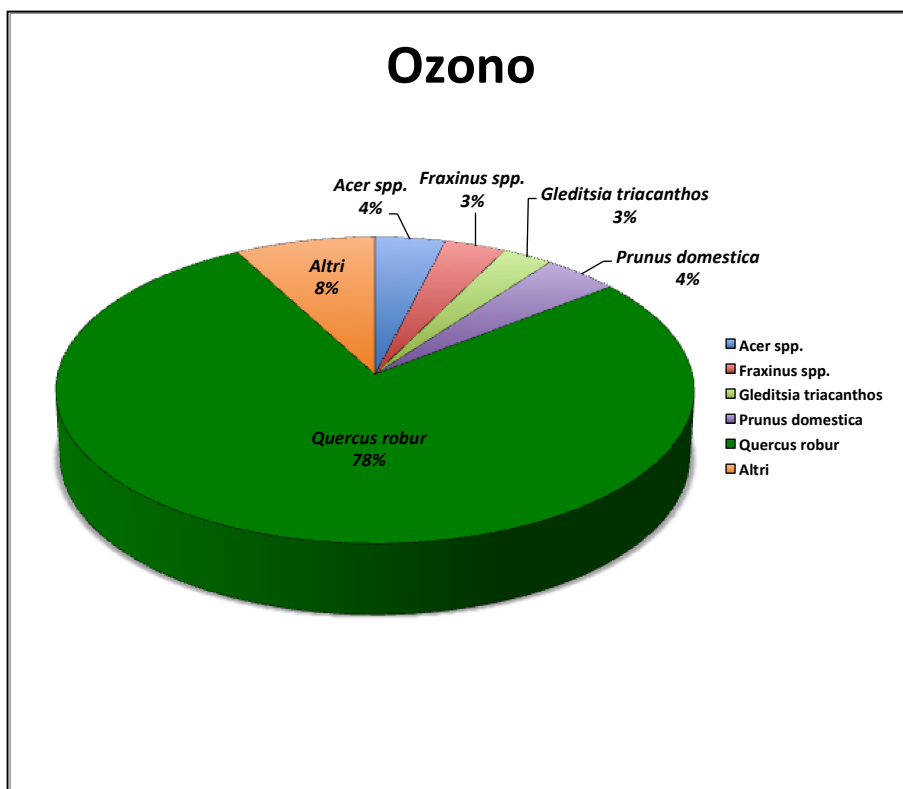


Fig.9. Percentuale di O₃ assorbito dalle piante di ciascuna specie (1. Alberi).

Nella categoria 2. *Piante e arbusti nelle siepi*, il *Quercus robur* (27%), il *Populus nigra* (25%), e il *Taxodium distichum* (16%), sono le specie con il più alto tasso di rimozione delle PM10, (Tab. 5; Fig. 10). Per quanto riguarda l'ozono, le specie *Populus nigra*, il *Quercus robur* e l'insieme di arbusti e cespugli assorbono rispettivamente il 29%, il 22% e il 23% dell'ozono (Tab. 5; Fig. 11).

Tab. 5. PM10 rimosso e O₃ assorbito annualmente dalle piante di ciascuna specie (2. *Piante e arbusti nelle siepi*)

Numero di piante per specie	Specie	PM ₁₀	O ₃
		assorbito	assorbito
		kg pianta ⁻¹ anno ⁻¹	kg pianta ⁻¹ anno ⁻¹
7	<i>Acer campestre</i>	0.5	0.5
70	<i>Fraxinus ornus</i>	5.0	7.5
9	<i>Maclura pomifera</i>	2.7	3.2
70	<i>Populus nigra</i>	14.7	24.8
12	<i>Prunus laurocerasus</i>	2.8	3.3
70	<i>Quercus robur</i>	15.4	18.1
70	<i>Taxodium distichum</i>	9.0	6.0
15	<i>Sambucus nigra</i>	0.1	0.4
15	<i>Ulmus minor</i>	1.1	1.5
6	<i>Laurus spp.</i>	0.2	0.4
1422	<i>arbusti e cespugli</i>	5.7	19.1
1766	Totale	57.2	84.8

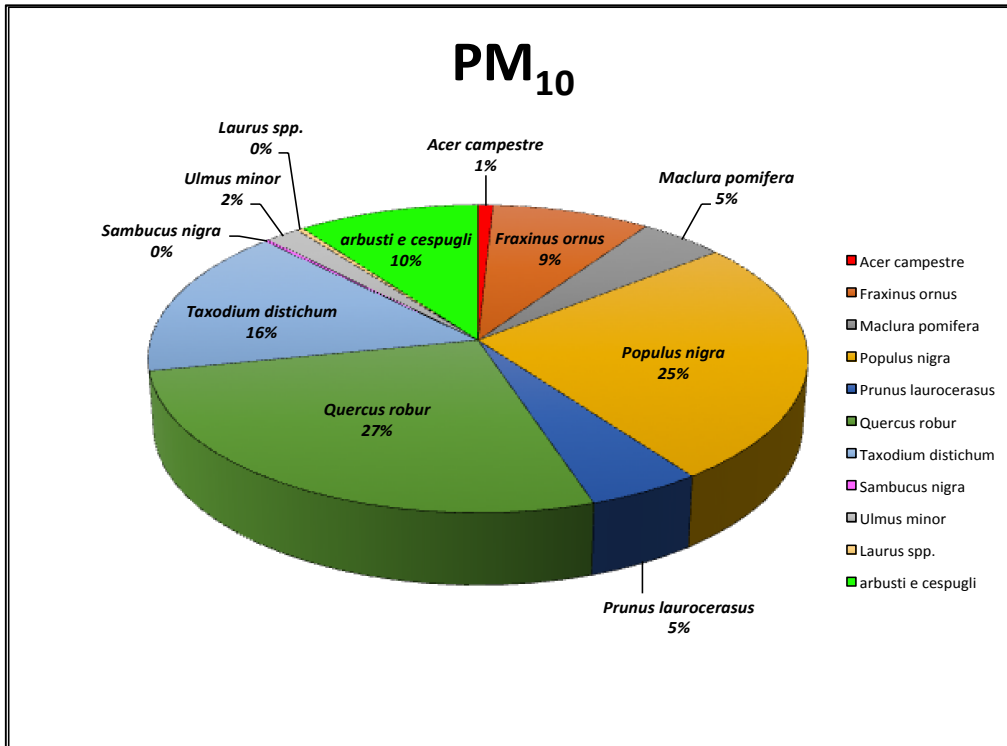


Fig.10. Percentuale di PM₁₀ rimosso dalle piante di ciascuna specie (2. Piante e arbusti in siepi).

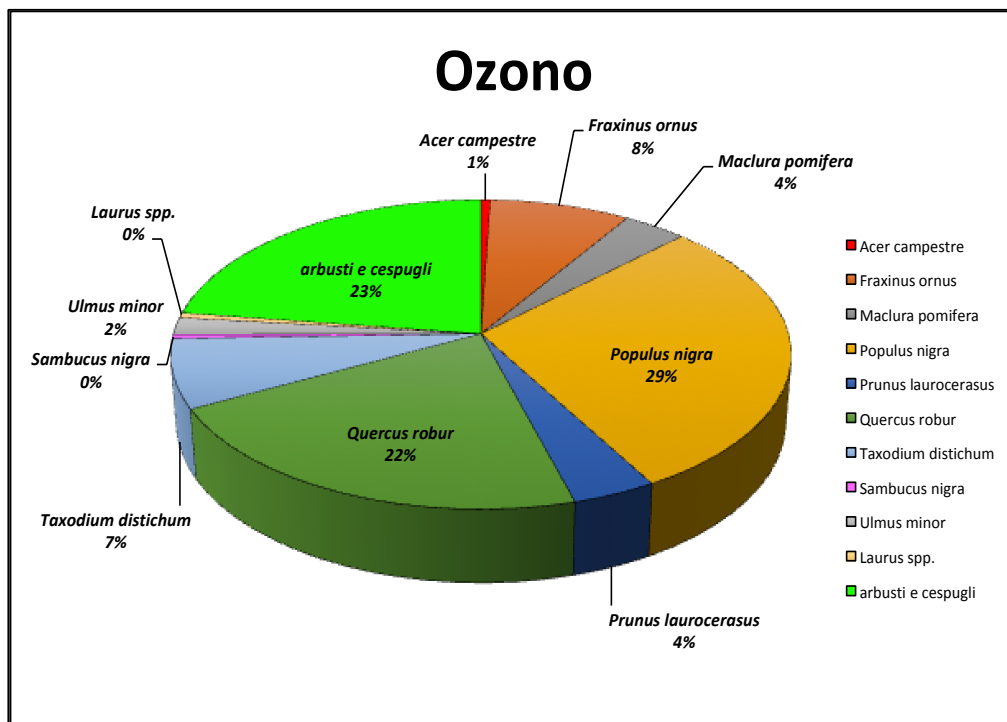


Fig.11. Percentuale di O₃ assorbito dalle piante di ciascuna specie (2. Piante e arbusti in siepi).

3.3. Potenziale di formazione dell'ozono troposferico (OFP)

Il verde urbano sottrae all'atmosfera gli inquinanti ma può anche in alcuni casi contribuire alla formazione di ozono troposferico a causa delle emissioni di COV (composti organici volatili, precursori dell'ozono), specifico per ogni specie. Le emissioni di COV (isoprene e monoterpeni) per le piante di ciascuna specie sono state stimate dal modello i-Tree mentre per il calcolo del potenziale di formazione di ozono è stata utilizzata l'equazione fornita dalla letteratura scientifica (Benjamin e Winer, 1998):

$$\text{OFP}_{\text{specie}} = B [(E_{\text{mono}} \times R_{\text{mono}}) + (E_{\text{iso}} \times R_{\text{iso}})]$$

Ove B è il peso secco (PS) della biomassa fogliare delle piante (kg)

E_{mono} è il tasso di emissione specie-specifica per i monoterpeni (mg COV g⁻¹ PS giorno⁻¹)

R_{mono} è il fattore di reattività per i monoterpeni g O₃ g⁻¹ COV⁻¹

E_{iso} è il tasso di emissione specie-specifica per l'isoprene (mg COV g⁻¹ PS giorno⁻¹)

R_{iso} è il fattore di reattività per l'isoprene g O₃ g⁻¹ COV⁻¹

Tutte le specie analizzate presentano un basso potenziale di formazione di O₃ (dati non mostrati). Dato che la quantità di ozono prodotta dipende fortemente dal rapporto tra i COV e gli NO_x e dalla composizione dei COV, il rapporto tra COV ed NO_x della zona considerata risulta non incidere sulla formazione di ozono (Calfapietra et al., 2013) mentre, al contrario, è grande il contributo che il parco di Bosco Albergati fornisce all'assorbimento annuale di ozono (Tab. 4-5).

4. CONCLUSIONI

Lo studio evidenzia l'importanza del parco di Bosco Albergati e del ruolo che hanno le piante nella mitigazione ambientale e nel miglioramento della qualità dell'aria. I risultati hanno evidenziato che il parco complessivamente contribuisce a sequestrare 167 t di CO₂ all'anno attraverso i processi fotosintetici, ed è in grado di fissare 3130 t di CO₂ nella biomassa. Il *Quercus robur* è risultata essere la specie con il più alto tasso di sequestro e di assimilazione annuale di CO₂ per l'alto numero di esemplari e per le grandi dimensioni delle piante esaminate seguita dal *Prunus domestica*, *Populus nigra*, il *Fraxinus ornus* e l'insieme di arbusti e cespugli.

Gli algoritmi applicati per il calcolo della deposizione degli inquinanti dalle piante hanno evidenziato che il Bosco albergati è in grado di sottrarre annualmente 196 kg di PM10 e di assorbire 275 kg di ozono troposferico. Di nuovo, l'alto numero di esemplari di grandi dimensioni di *Quercus robur* presenti nel parco contribuisce per più del 70% alla riduzione di tali inquinanti, seguito dal *Populus nigra* e il *Taxodium distichum*. Il calcolo del potenziale di formazione dell'ozono per il bilancio degli inquinanti sottratti ed emessi dalla vegetazione ha evidenziato complessivamente un basso potenziale di formazione di ozono se si considera il contributo che il parco di Bosco Albergati fornisce ogni anno all'assorbimento di tale inquinante.

In conclusione, allo stato attuale il Parco storico di Bosco Albergati, sequestrando 167 t di CO₂ in un anno, è in grado di compensare annualmente le emissioni di 104 auto di media cilindrata che percorrono mediamente 10.000 km all'anno e, avendo immagazzinato nella biomassa 3130 t di CO₂, ha compensato fino ad oggi le emissioni di 1956 auto. A livello di PM10, rimuovendo 196 kg all'anno, è in grado di assorbire annualmente le emissioni di polveri prodotte da 3920 auto. Inoltre il parco produce 110 t di O₂ in un anno durante l'attività fotosintetica, stimando che un uomo consuma mediamente 0.84 kg di O₂ al giorno per la respirazione, si può affermare che il Bosco Albergati può fornire ossigeno per circa 360 persone al giorno.

5. BIBLIOGRAFIA

- Beckett, K.P., Freer-Smith, P.H., Taylor, G., 2000. Particulate pollution capture by urban trees: effect of species and windspeed. *Global Change Biology* 6, 995 – 1003.
- Benjamin, M.T, Winer, A. M., 1998. Estimating the ozone forming potential of urban trees and shrubs. *Atmospheric Environment* 32, 53-68.
- Calfapietra, C., Fares, S., Manes, F., Morani, A., Sgrigna, G., Loreto, F., 2013. Role of biogenic volatile organic compounds (BVOCs) emitted by urban trees on ozone concentration in cities: a review. *Environmental Pollution* 183, 71-80.
- Chameides, W. L., Lindsay, R. W., Richardson, J., and Kiang, C. S., 1988. The role of biogenic hydrocarbons in urban photochemical smog: Atlanta as a case study, *Science* 241, 1473–1475.
- Hirabayashi, S., Kroll, C.N., Nowak, D.J., 2015. I-Tree Eco dry deposition model descriptions, pg. 1-32.
- Kesselmeier, J., Staudt, M., 1999. Biogenic Volatile Organic Compounds (VOC): an overview on emission, physiology and ecology. *Journal of Atmospheric Chemistry* 33, 23-88.
- Manes, F., Marando, F., Capotorti, G., Blasi, C., Salvatori, E., Fusaro, L., Ciancarella, L., Mircea, M., Marchetti, M., Chirici, G., Munafò, M., 2016. *Ecological Indicators* 67, 425 – 440.
- Nowak, D.J., Civerolo, K.L., Rao, S.T., Sistla, G., Luley, C.J., Crane, D.E., 2000. A modeling study of the impact of urban trees on ozone. *Atmospheric Environment* 34, 1601-1613.
- Nowak, D.J., Crane, D.E., Stevens, J.E., 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening* 4, 115 – 123.