

# CRISI CLIMATICA

WEBINAR 21-01-2021

14:30-16:30

Luisa Neri

 Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Istituto per la BioEconomia  
Dipartimento di Scienze Bio Agroalimentari

## Le piante e la mitigazione ambientale nelle aree urbane

# RESILIENZA URBANA



1. Quali sono i servizi ecosistemici delle piante in ambiente urbano?
2. Specie diverse hanno capacità di mitigazione diverse?
3. Come si studia il potenziale di mitigazione di una specie?
4. " Ma piantala!!! " : come si scelgono le specie più adatte da inserire in un determinato contesto urbano?

**1. Quali sono i servizi ecosistemici  
delle piante in ambiente urbano?**

# Servizi ecosistemici:

Termine coniato nel 1977 (Science)

Benefici multipli che il genere umano riceve, direttamente o indirettamente, dagli ecosistemi

Siamo abituati alla presenza della vegetazione nell'ambiente urbano ma non se ne conosce il valore e soprattutto la multifunzionalità: le piante migliorano la qualità dell'ambiente sotto molti punti di vista

**Ecosistema** è l'insieme degli organismi viventi e delle sostanze non viventi con le quali i primi stabiliscono uno scambio di materiali e di energia, in un'area delimitata, per es. un lago, un prato, un bosco ecc.



**Circa l'85%** della biomassa sulla terra è composta dalle piante

## Suddivisione in 4 categorie principali (Millennium Ecosystem Assessment, 2005):

- **Approvvigionamento (Provisioning):** servizi di fornitura di risorse che gli ecosistemi naturali e semi-naturali producono (ossigeno, acqua, cibo, biodiversità, ecc.).
- **Regolazione (Regulating):** mantenimento della salute e del funzionamento degli ecosistemi, e molti altri servizi quali controllo delle inondazioni, protezione dalle tempeste, regolazione e purificazione dell'acqua, miglioramento della qualità dell'aria, impollinazione, controllo dei parassiti e stabilizzazione del clima. Questi servizi sono solitamente **non ben riconosciuti fino a quando non vengono persi** o degradati.
- **Culturali (Cultural):** benefici a livello psicologico quali esperienze ricreative ed estetiche, arricchimento spirituale e scientifico, identità culturale e senso del luogo, socializzazione...
- **Supporto alla vita (Supporting):** processi di base dell'ecosistema come la formazione del suolo, la produttività primaria, la biogeochimica, il ciclo dei nutrienti e l'approvvigionamento dell'habitat. Queste funzioni dell'ecosistema contribuiscono indirettamente al benessere umano mantenendo i processi e le funzioni necessarie per la produzione di tutti gli altri servizi ecosistemici.

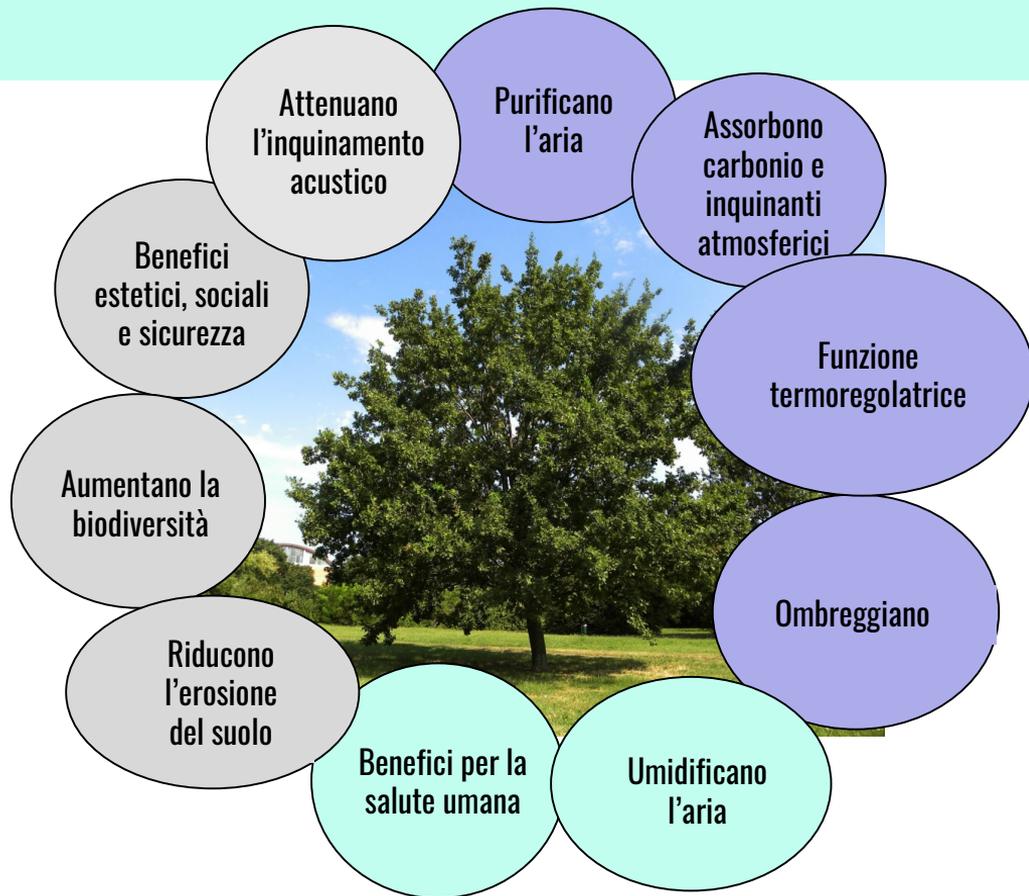
**Disservizi ecosistemici:** i processi e le funzioni che influenzano negativamente gli esseri umani, provocando danni e costi (es: perdita biodiversità, rischi per la salute umana..)

# Dunque, le piante, attraverso i loro processi fisiologici, ci forniscono svariati servizi ecosistemici

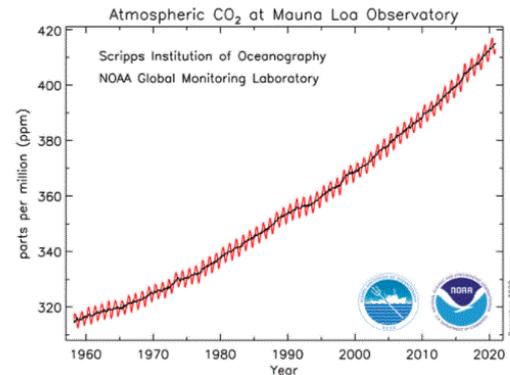
Ci concentreremo sull'impatto benefico delle piante sull'**ambiente urbano** e sulla salute.

In particolare verranno considerati 4 aspetti:

- 1) L'assorbimento della  $CO_2$  ed emissione di  $O_2$
- 2) L'assorbimento e la cattura di inquinanti e il conseguente beneficio sulla salute umana
- 3) L'abbassamento della temperatura dell'aria
- 4) L'emissione di sostanze organiche volatili (BVOC)



L'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) è uno dei principali gas serra presenti nell'atmosfera terrestre. L'aumento della sua concentrazione in atmosfera, e in particolare per la combustione di combustibili fossili, ha provocato il surriscaldamento globale e i cambiamenti climatici.



**November 2020: 412.89 ppm**

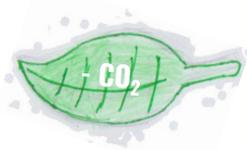
**November 2019: 410.25 ppm**

<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>

Concentrazione CO<sub>2</sub> registrata nel mese  
Novembre 2020 : la CO<sub>2</sub> continua a  
crescere!

**Le città sono le principali protagoniste dei cambiamenti climatici:  
nonostante coprono il 2% della superficie terrestre, sono responsabili dell'emissione del 70% dei gas serra**

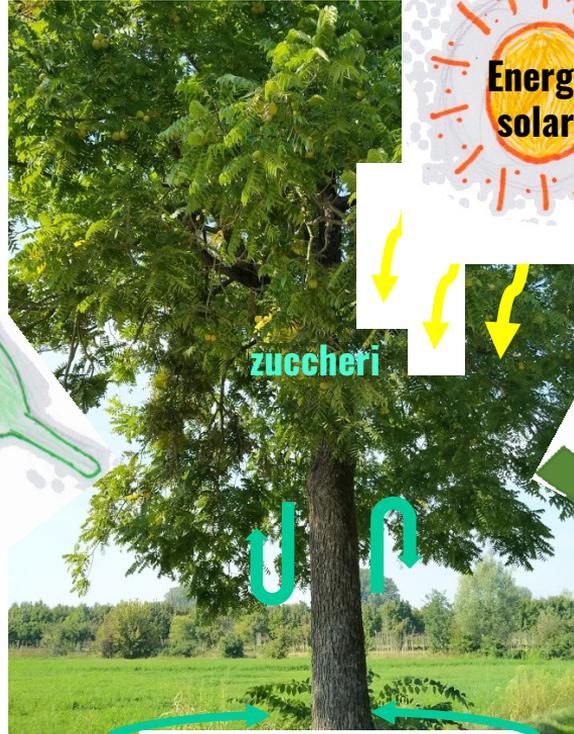
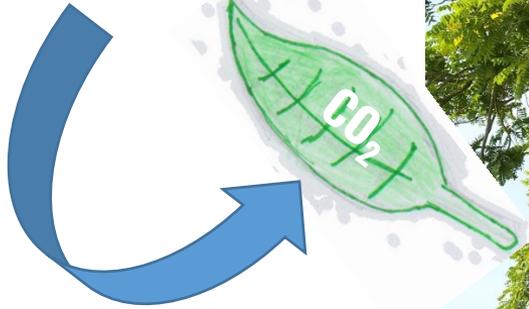
# 1) Assorbimento della $\text{CO}_2$ ed emissione di $\text{O}_2$ mediante il processo fotosintetico



Le piante sono un sistema naturale per ridurre la  $\text{CO}_2$  atmosferica ed emettere  $\text{O}_2$

Come: la fotosintesi clorofilliana

Assorbimento di  $\text{CO}_2$



zuccheri

Emissione di  $\text{O}_2$



acqua e sali minerali



## Mediamente una pianta può:

### Sequestrare e accumulare CO<sub>2</sub>



Sequestro medio: 20-50-150 Kg pianta<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>  
(in funzione delle dimensioni)

Accumulo medio 0.5-7 t/pianta di CO<sub>2</sub> come  
biomassa nell'arco della vita biologica

### Produrre O<sub>2</sub>



Albero grande (Ø=100cm) rilascia  
**0.31 Kg di O<sub>2</sub>/giorno.**  
Albero più piccolo (Ø 30cm) rilascia  
**0.06 Kg/giorno.**

Un uomo usa 0.84 Kg di O<sub>2</sub> al giorno per la respirazione

Nowak DJ. Et al., Oxygen Production by Urban Trees in the United States *Arboriculture & Urban Forestry* 2007. 33(3):220–226.



Wang, Songhan, et al. "Recent global decline of CO<sub>2</sub> fertilization effects on vegetation photosynthesis." *Science* 370.6522 (2020): 1295-1300

# L'inquinamento: a livello mondiale...



WHO African Region, WHO South-East Asia, WHO/Europe e altri 7

Fonti inquinamento outdoor: traffico autoveicolare, produzione di energia, i sistemi di riscaldamento, agricoltura/incenerimento dei rifiuti, industria.

L'inquinamento indoor contribuisce per quasi il 50% alla mortalità.

Cause di mortalità: ictus, malattie cardiache, malattie polmonari ostruttive croniche, cancro ai polmoni e infezioni respiratorie acute.

I paesi a basso e medio reddito soffrono delle esposizioni più elevate.

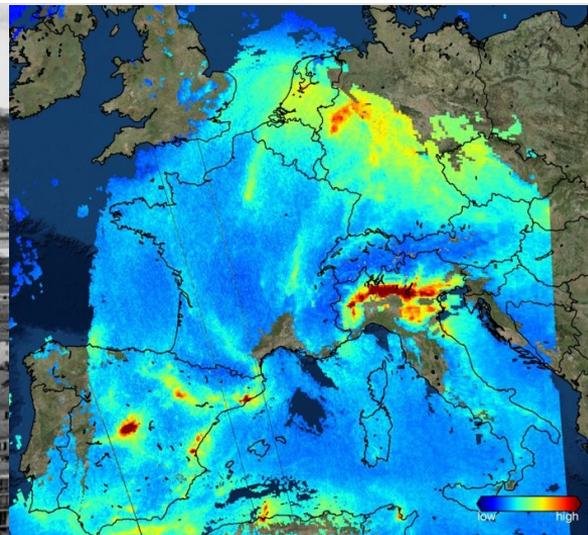
**Il 90% della popolazione mondiale respira aria inquinata:**  
L'OMS stima che l'esposizione all'inquinamento causi  
**7 milioni di morti premature all'anno**  
(25% delle malattie e della mortalità globali)

Coronavirus Death Toll  
 **1,945,265** deaths

<https://www.worldometers.info/coronavirus/coronavirus-death-toll/> 11 01 2021

who  
<https://www.who.int/health-topics/air-pollution>

# L'inquinamento: e qui da noi a Bologna?



La mappa dell'inquinamento in Europa ottenuta satellite Sentinel 5P (fonte: Esa)

Smog, **l'Italia** veste la maglia nera in Europa con 65.700 morti premature nel 2018, anche se in diminuzione rispetto agli anni precedenti (90.000 nel 2015) (particolato, ossidi di azoto, ozono).

(European Environment Agency, Air quality report 2020)

La pianura Padana: camera a gas dove vivono 23 milioni di italiani (43% della popolazione nazionale)

Le cause principali:

- Conformazione orografica: chiusa da 3 lati da montagne e da mare chiuso
- **Traffico stradale, agricoltura e zootecnia, riscaldamento a biomasse legnose.**

## 2) Assorbimento e cattura di inquinanti gassosi e di particolato

Le piante catturano le polveri sottili e i gas tossici attraverso le strutture fogliari

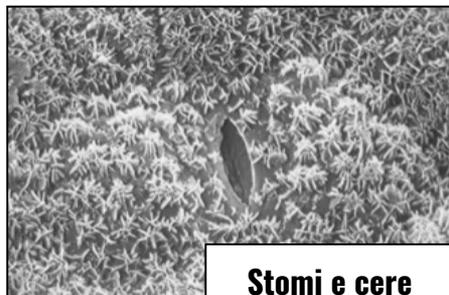


Adsorbimento sulla superficie fogliare microstrutture (tricomi, cere...)

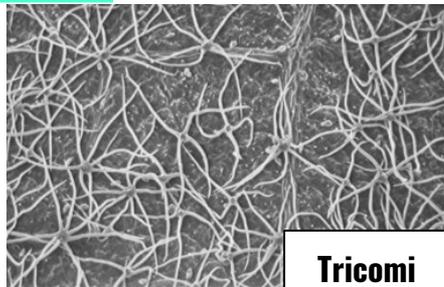
PM10 respirabile  
PM2,5 inalabile



Assorbimento attraverso aperture stomatiche e/o cuticola



Stomi e cere



Tricomi

BIOSSIDO DI AZOTO O ZOLFO (NO<sub>2</sub>) (SO<sub>2</sub>)  
OZONO (O<sub>3</sub>)  
BENZENE, TOLUENE, IPA



Gli alberi vengono definiti non solo un polmone ma anche un 'fegato verde' proprio per la loro capacità di fitorimediare l'aria

I benefici della vegetazione sulla salute pubblica sono provati

Es.: review che ha esaminato diversi studi concludendo che **in aree con maggiore verde residenziale diminuiscono i rischi per la popolazione di mortalità** per tutte le cause con netta prevalenza per quelle **cardiovascolari** (Gascon M., 2016)

Durante l'Assemblea ONU sull'ambiente gli scienziati hanno ribadito che **il livello di urbanizzazione mondiale è senza precedenti.**

Gli stessi suggeriscono che questo può offrire un'opportunità per aumentare il benessere dei cittadini riducendo nel contempo l'impatto ambientale attraverso una gestione migliore e la **pianificazione dell'uso del territorio e del verde.**



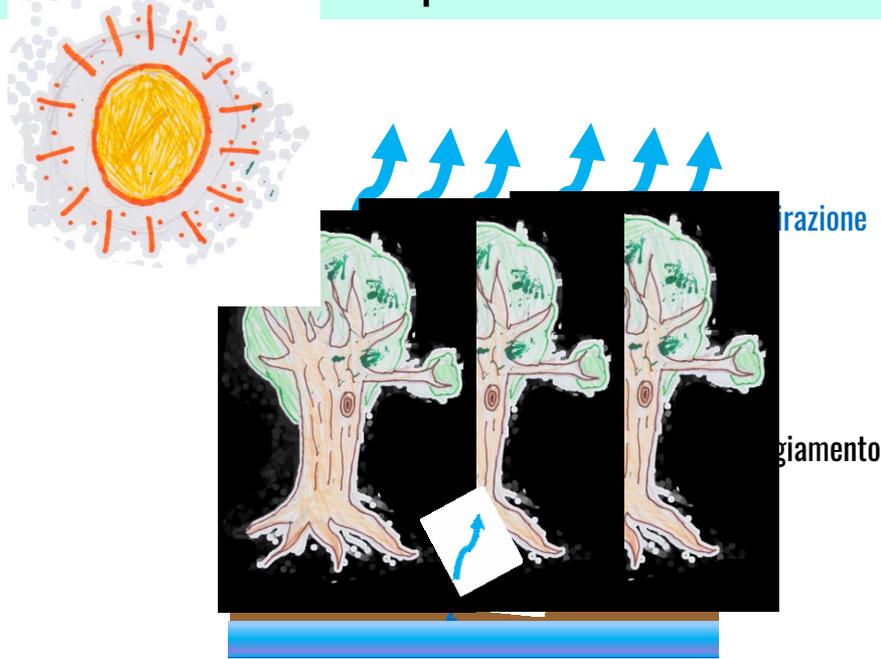
Assemblea Onu sull'ambiente  
(Organizzazione delle Nazioni Unite, 11-15 Marzo 2019, Nairobi, Kenya)



Terapia forestale:

[https://www.cnr.it/sites/default/files/public/media/attivita/editoria/9788880804307\\_terapia%20forestale.pdf](https://www.cnr.it/sites/default/files/public/media/attivita/editoria/9788880804307_terapia%20forestale.pdf)

### 3) Abbassamento della temperatura dell'aria durante il processo di evapotraspirazione



Traspirazione: un albero può traspirare fino a 450 litri di  $H_2O$  al giorno

Processo endotermico: per ciascun grammo  $H_2O$  evaporate si consumano circa 633 cal. (1000 MJ)

La presenza di piante può ridurre la temperatura per ombreggiamento e traspirazione.

L'energia solare incidente viene in gran parte utilizzata dalla vegetazione per la fotosintesi e la traspirazione che favorisce l'abbassamento della temperatura dell'aria

Il 55% della popolazione mondiale vive nelle aree urbane e si stima che nel 2050 aumenterà al 68% (un.org 2018): la presenza di piante è molto importante per il benessere dei cittadini



**Riduzione dell'isola di calore urbano**

## 4) Emissione di sostanze organiche volatili (BVOC)

- Sono formati da CARBONIO, IDROGENO e OSSIGENO
- Composti odorosi, comprendono un **ampio spettro di sostanze**

Acidi

Eteri

Aldeidi

Esteri

Alcheni

Alcoli

Chetoni

Terpeni

Alcani

Diverse classi chimiche, diversi percorsi metabolici  
I più comuni sono isoprene, monoterpeni e metanolo

Su scala globale i VOC emessi dalle piante sono 10 volte più abbondanti di quelli emessi dall'uomo(≠); emissione stimata delle foreste a livello mondiale: 800-1500 T g C anno<sup>-1</sup> (Guenther et al., 1995 e 2012)

## I BVOC vengono rilasciati da tutte le parti della pianta

- Emissione specifica da diversi tessuti ed organi (foglie, frutti, fiori, fusto, radici)
- BVOC diversi, in quantità diverse, emessi da specie diverse (specie mediterranee)
- Emissione influenzata dall'ambiente (condizioni climatiche)



Emissione **COSTITUTIVA** di BVOC: funzioni

Piante = **ORGANISMI IMMOBILI**

I BVOC servono alla pianta per comunicare con l'ambiente, messaggeri chimici (70.000 VOC = ricco "vocabolario")

➔ Comunicazione pianta-insetto: attrazione insetti impollinatori e repulsione insetti nocivi, ma anche pianta-pianta (allelopatia..)

Emissione **INDOTTA**: risposta a stress biotici ed abiotici

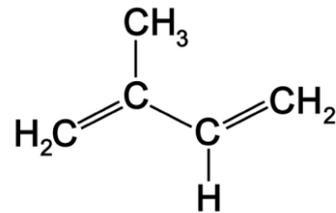


Foto: F. Fasolo

# I BVOC più comunemente rilasciati appartengono alla classe chimica degli **isoprenoidi (terpeni)**

## ISOPRENE:

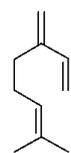
- il più semplice, il più volatile, il più abbondante
- l'unità base per la sintesi di tutti gli altri isoprenoidi



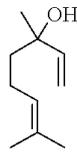
Isoprene: C5

## TERPENI:

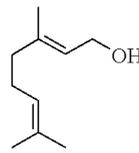
- Diverse classi di terpeni a seconda del numero di unità isopreniche (monoterpeni, sesquiterpeni, omoterpeni..)
- la classe chimica maggiormente emessa (profumi, oli essenziali...)
- **estremamente reattivi in atmosfera!**



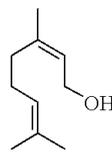
Mircene



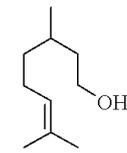
Linalolo



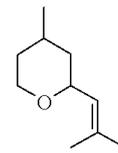
Geraniolo



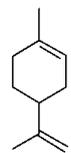
Nerolo



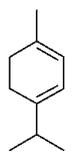
Citronellolo



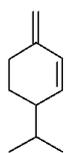
Rosenossido



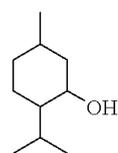
Limonene



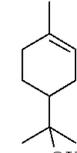
$\alpha$ -Terpinene



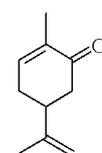
$\beta$ -Fellandrene



Mentolo

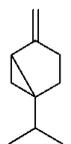


$\alpha$ -Terpineolo



Carvone

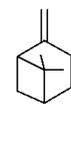
## Monoterpeni: C10



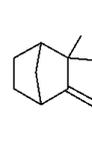
Sabinene



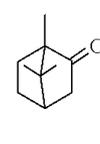
$\alpha$ -Pinene



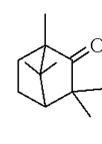
$\beta$ -Pinene



Canfene



Canfora



Carvone

# Perché i BVOC sono importanti per l'ambiente?



I BVOC possono rimuovere  $O_3$  e altri inquinanti per assorbimento all'interno delle foglie e/o per reazioni chimiche nella chioma. Quindi i BVOC "puliscono" l'atmosfera dall'ozono

I VOC modificano le proprietà chimiche e fisiche dell'atmosfera



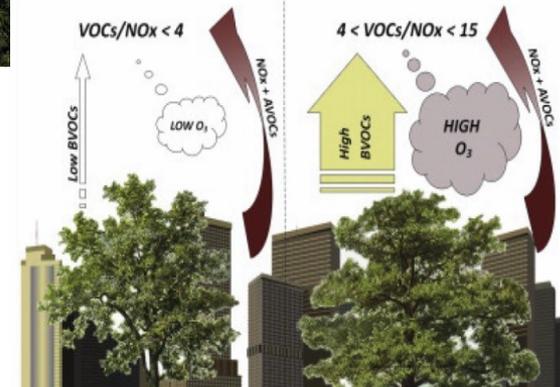
Reagendo con gli NOx i BVOC possono contribuire alla formazione dell'ozono

**POF: Potenziale di formazione dell'ozono**

Potenziale di ozono-formazione, g  $O_3$  pianta<sup>-1</sup> giorno<sup>-1</sup>

< 1	< 10	> 10
<i>Acer negundo</i>	<i>Abies concolor</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>
<i>Arbutus unedo</i>	<i>Ceratonia siliqua</i>	<i>Liquidambar styraciflua</i>
<i>Cupressus sempervirens</i>	<i>Liriodendron tulipifera</i>	<i>Phoenix canariensis</i>
<i>Juniperus occidentalis</i>	<i>Magnolia grandiflora</i>	<i>Phoenix dactylifera</i>
<i>Lagerstroemia indica</i>	<i>Myrtus communis</i>	<i>Picea abies</i>
<i>Laurus nobilis</i>	<i>Pinus pinaster</i>	<i>Populus tremuloides</i>
<i>Nerium oleander</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<span style="border: 2px solid red; padding: 2px;">leccio</span>
<i>Olea europaea</i>	<i>Platanus x acerifolia</i>	<i>Quercus robur</i>
<input type="checkbox"/> Pino domestico	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	<i>Quercus suber</i>
<i>Pittosporum tobira</i>	<i>Quercus rubra</i>	<i>Salix babylonica</i>
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	<i>Sequoia sempervirens</i>	<i>Washingtonia robusta</i>
		Palma messicana

Le specie sono elencate in ordine alfabetico. (Dati di Benjamin et al., 1996)



In ambiente urbano è importante usare specie con **basso POF** per la mitigazione dell'aria

**2. Specie diverse hanno capacità di mitigazione diverse?**

La vegetazione, in particolare le foreste urbane e periurbane, contribuisce alla riduzione dell'inquinamento grazie a:

- adsorbimento di PM sulla superficie fogliare
- assorbimento di inquinanti gassosi ( $O_3$ ) attraverso il flusso stomatico

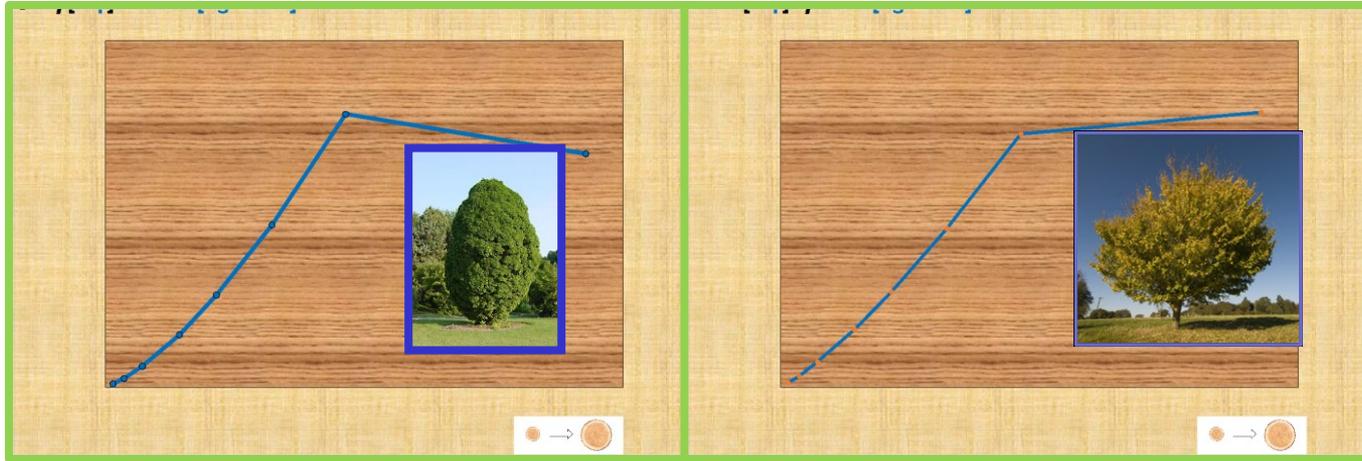
Il contributo della pianta alla mitigazione urbana dipende da:

- **caratteristiche strutturali e funzionali della pianta, SPECIE-SPECIFICHE:**
- Area fogliare totale, Indice di Area Fogliare (LAI) (conifere >> latifoglie)
- Conduttanza Stomatica (gs)
- Le caratteristiche micromorfologiche della foglia (rugosità, epidermide, cera epicuticolare, stomi e tricomi)
- Emissione di BVOC (ozono!!!)
- Albero singolo (età della pianta, stato fisiologico)

La pianta non è da sola:

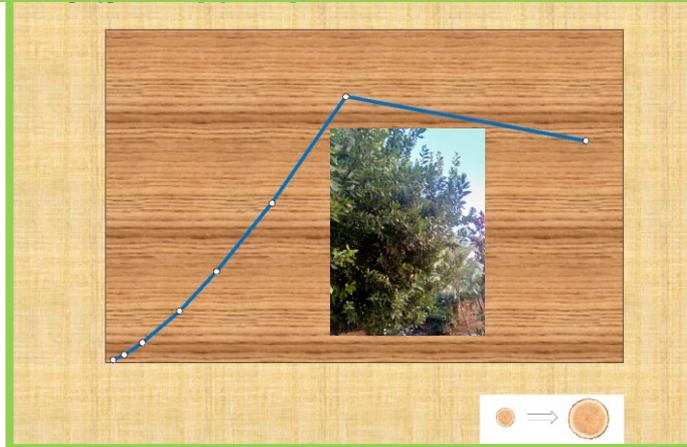
- complesse **interazioni tra fattori ambientali biotici e abiotici** (concentrazione di inquinanti, esposizione al sole, vento...)

Ogni specie vegetale ha una propria capacità di mitigazione ambientale che dipende sia da fattori intrinseci (fisiologia, dinamica di sviluppo) che estrinseci (**numerosità**)



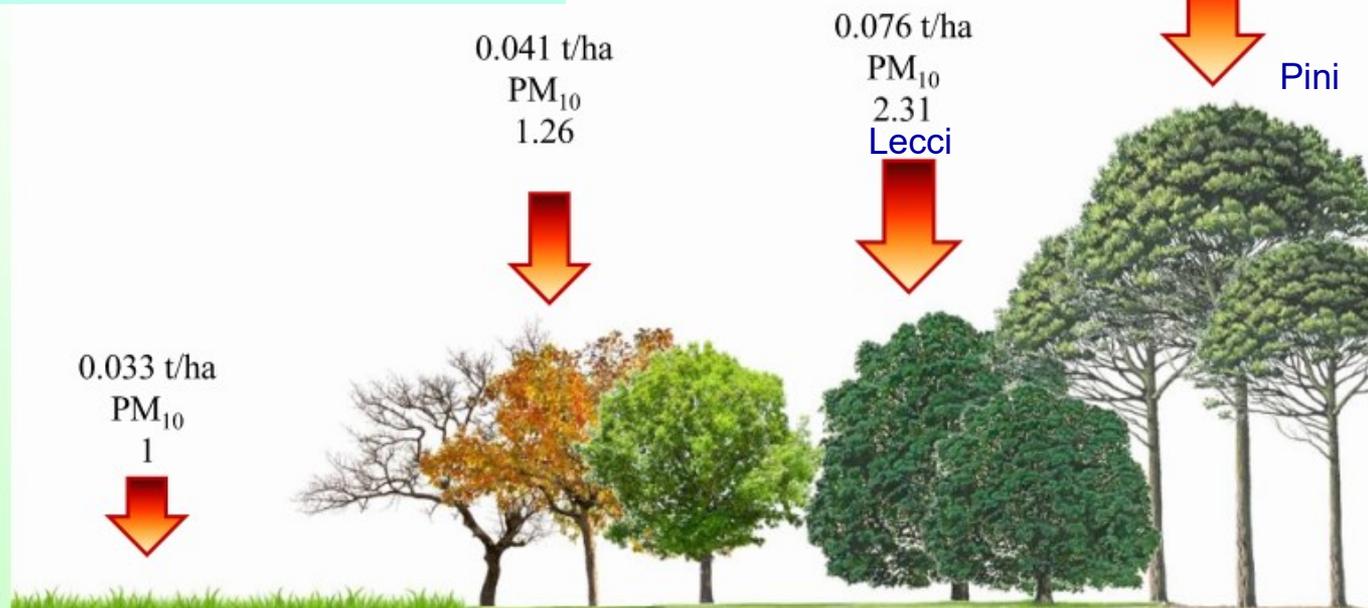
Sequestro di  $\text{CO}_2$  in relazione a diverse classi diametrali:

**A seconda della specie**, raggiunto un determinato diametro (**età**), il sequestro di  $\text{CO}_2$  diminuisce o si ferma in plateau



## INDICATORE DI RIMOZIONE DI PM<sub>10</sub> (Analisi relativa alla Tenuta Presidenziale di Castelporziano)

Gli alberi sono più efficienti nella rimozione degli inquinanti rispetto agli arbusti



Marando et al., 2016

Quindi TUTTE LE PIANTE ASSORBONO E MITIGANO **MA**

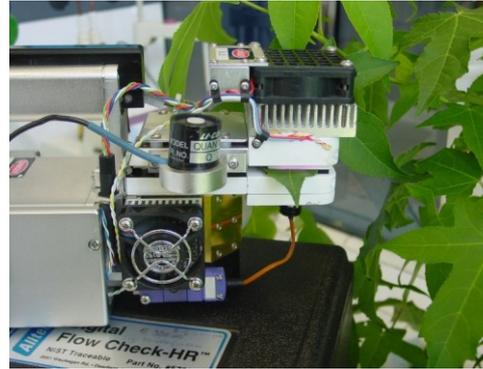
Alcune specie **funzionano meglio** di altre nel rimuovere CO<sub>2</sub>, polveri e inquinanti dall'aria

**3. Come si studia il potenziale di mitigazione di una specie?**

# Analisi fisiologiche

Per ogni specie si effettuano misure, in laboratorio o in situ, per determinare

- l'attività fotosintetica (assorbimento  $\text{CO}_2$ ) e la conduttanza stomatica (assorbimento inquinanti gassosi)
- L'emissione di BVOC



Misure di attività fotosintetica e conduttanza stomatica

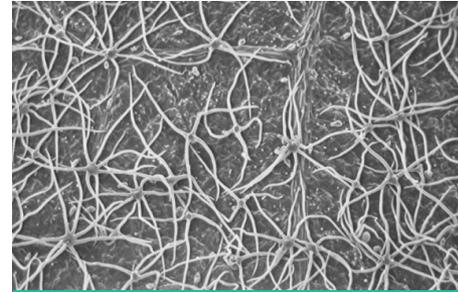
Cartucce per l'analisi dei BVOC



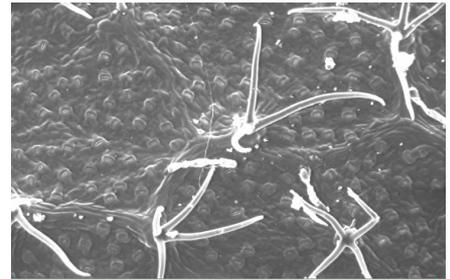
Misure a livello di singola foglia

Per ogni specie si effettuano rilievi al microscopio elettronico per determinare la microstruttura fogliare:

- Presenza assenza tricomi
- Rugosità fogliare
- Presenza assenza cere
- Stomi



*Tilia cordata*

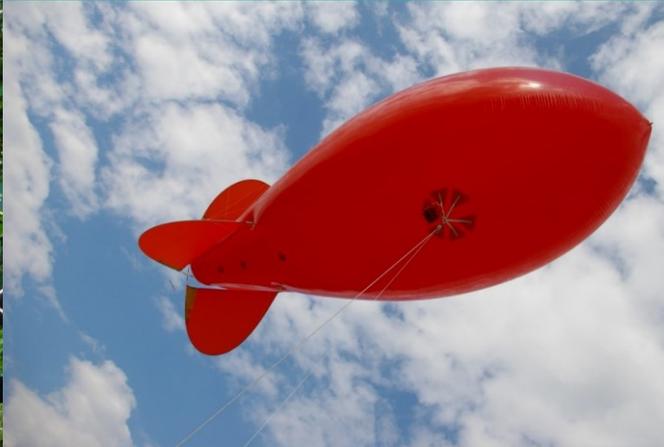


*Quercus cerris*

## Analisi *in-situ*



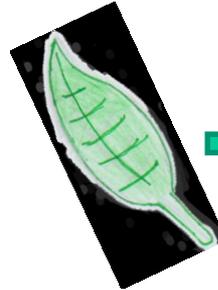
**Misure a livello di singola pianta**



**Misure a livello di ecosistema**

# Modellistica ecofisiologica

## MODELLISTICA ECOFISIOLOGICA: DALLA FOGLIA, ALLA PIANTA, ALL'ECOSISTEMA



Forest Service dell'USDA-USA

La modellistica, partendo dai dati di un censimento, dalla struttura delle aree verdi in esame (disposizione, composizione, copertura), consente di **QUANTIFICARE i benefici ambientali ed economici** derivanti dalla mitigazione da parte delle piante.

La stima viene eseguita combinando:

- Dati strutturali (specie, diametro e area fogliare)
- Dati micrometeorologici (temperatura e umidità) **LOCALI**
- Dati della qualità dell'aria (O<sub>3</sub>, PM10, PM2.5) **LOCALI**

Due funzioni principali:

- **stimare** i servizi ecosistemici della vegetazione già presente in città
- progettare il verde urbano valorizzando differenze interspecifiche

**Misure a livello di ecosistema**

### Benefits and Costs Summary of Individual Trees

Location: Mantova, Mantova, Nord-Ovest, Italy  
Project: specie VIVAM Mantova, Series: 1, Year: 2020  
Generated: 15/02/2023



Tree ID	Species Name	DBH (cm)	Structural Value (€)	Carbon Storage (kg)	Annual benefits					Total Annual Benefits (€/yr)				
					Gross Carbon Sequestration (kg/yr)	Avoided Runoff (m <sup>3</sup> /yr)	Carbon Avoided (kg/yr)	Pollution Removal (g/yr)	Energy Saved (€/yr)					
1	Acer campestre	2.0	94.75	0.5	0.08	1.0	0.17	0.0	0.02	N/A	214	117	N/A	136
2	Acer campestre	5.0	74.68	3.7	0.60	2.6	0.42	0.0	0.04	N/A	39.6	2.11	N/A	2.55
3	Acer campestre	10.0	298.73	17.7	2.84	5.9	0.94	0.1	0.10	N/A	92.6	5.07	N/A	6.12
4	Acer campestre	20.0	833.05	84.4	13.56	13.6	2.18	0.2	0.33	N/A	304.7	16.70	N/A	19.21
5	Acer campestre	30.0	1524.95	212.1	33.91	22.5	3.61	0.3	0.61	N/A	595.5	30.88	N/A	34.80
6	Acer campestre	40.0	2493.47	404.4	64.97	32.3	5.18	0.3	0.63	N/A	578.5	31.70	N/A	37.51
7	Acer campestre	50.0	3738.78	670.5	107.72	42.8	6.87	0.4	0.82	N/A	751.9	41.20	N/A	48.99
8	Acer campestre	60.0	5160.12	1021.9	162.88	53.9	8.66	0.5	1.01	N/A	931.9	51.04	N/A	60.71
9	Acer campestre	70.0	7059.80	1438.5	230.80	65.6	10.53	0.6	1.16	N/A	1070.3	56.65	N/A	70.34
10	Acer campestre	80.0	8955.07	1864.6	313.45	77.7	13.45	0.7	1.76	N/A	1185.5	61.96	N/A	78.74

- Sequestro annuale CO<sub>2</sub> dall'atmosfera
- Immagazzinamento di CO<sub>2</sub> come biomassa
- Rimozione di O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> e PM<sub>2.5</sub> dall'aria
- Rilascio di O<sub>2</sub>

Ricerche effettuate durante progetti europei (Life Gaia) e altri progetti con associazioni nazionali di florovivaisti ci hanno permesso di caratterizzare dal punto di vista ecofisiologico diverse specie ornamentali



Sempreverdi

* allergenico Specie	CO <sub>2</sub> immagazzinata (in 30 anni)	VOC (µg g PS <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )		OFFP g pianta <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	PM10
		Isoprene	Monoterpeni					
	t			g pianta <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>				g pianta <sup>-1</sup> anno <sup>-1</sup>
<b>Liquidambar styraciflua</b>	<b>4.20</b>	<b>8.9 ± 2.0</b>	<b>12.4 ± 2.6</b>	<b>8</b>	<b>95</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>71</b>
<i>Cercis siliquastrum</i>	0.58	15.4 ± 3.5	0.5 ± 0.2	7	118	20	20	68
<b>Liriodendron tulipifera</b>	3.20	-	8.4 ± 1.6	4	128	30	20	140
<i>Sophora japonica</i>	3.66	15.3 ± 3.6	5.4 ± 2.0	7	118	30	20	50
<b>Ginkgo biloba</b>	<b>3.66</b>	<b>0.6 ± 0.2</b>	<b>0.1 ± 0.03</b>	<b>0</b>	<b>109</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>64</b>
<i>Robinia pseudoacacia</i>	3.20	22.0 ± 6.9	2.1 ± 0.6	1	115	30	20	70
<b>Acer campestre</b> (acero) *	<b>2.49</b>	-	<b>0.8 ± 0.4</b>	<b>0</b>	<b>137</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>104</b>
<b>Alnus glutinosa</b> (ontano) *	<b>3.90</b>	0.3 ± 0.3	1.1 ± 0.3	0	118	30	20	68
<b>Carpinus betulus</b> *	<b>4.20</b>	-	<b>2.8 ± 1.6</b>	<b>1</b>	<b>140</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>69</b>
<i>Catalpa bunjei</i>	0.58	0.2 ± 0.2	0.3 ± 0.1	0	121	20	20	45
<b>Celtis australis</b> (bagolaro)	<b>3.66</b>	<b>0.01 ± 0.004</b>	<b>7.6 ± 1.1</b>	<b>2</b>	<b>134</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>132</b>
<b>Fraxinus excelsior</b> *	<b>3.66</b>	-	<b>0.9 ± 0.02</b>	<b>0</b>	<b>131</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>90</b>
<i>Fraxinus ornus</i>	2.16	-	0.04 ± 0.02	0	131	30	20	76
<i>Koeleuteria paniculata</i>	2.16	0.6 ± 0.2	0.1 ± 0.04	0	137	20	20	73
<i>Malus domestica</i> "Evereste"	0.58	0.1 ± 0.05	0.2 ± 0.06	0	98	30	20	42
<i>Morus alba</i>	2.16	0.6 ± 0.2	0.7 ± 0.1	0	115	40	30	66
<i>Prunus cerasifera</i>	2.16	0.6 ± 0.2	0.5 ± 0.2	0	120	20	20	50
<b>Parrotia persica</b>	3.00	-	10.7 ± 1.7	2	93	-	-	75
<b>Quercus cerris</b> (cerro) *	<b>4.00</b>	-	<b>0.3 ± 0.07</b>	<b>0</b>	<b>124</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>66</b>
<i>Sambucus nigra</i>	0.58	0.1 ± 0.04	0.9 ± 0.3	0	51	-	-	17
<b>Tilia cordata</b> (tiglio)	<b>3.66</b>	-	-	<b>1</b>	<b>110</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>73</b>
<b>Tilia platyphyllos</b> (tiglio)	<b>3.66</b>	<b>0.2 ± 0.1</b>	-	<b>2</b>	<b>98</b>	-	-	<b>72</b>
<b>Ulmus minor</b>	<b>3.66</b>	<b>0.2 ± 0.05</b>	<b>0.4 ± 0.1</b>	<b>0</b>	<b>131</b>	<b>47</b>	<b>36</b>	<b>95</b>
<b>Zelkova serrata</b>	<b>3.66</b>	<b>0.1 ± 0.1</b>	-	<b>0</b>	<b>170</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>70</b>
<b>Laurus nobilis</b>	0.58	0.1 ± 0.05	0.8 ± 0.3	0	71	-	-	19
<b>Ligustrum japonicum</b> *	0.58	0.1 ± 0.06	0.1 ± 0.04	0	67	9	8	21
<i>Photinia x fraseri</i>	0.58	0.1 ± 0.03	0.5 ± 0.1	0	70	-	-	19
<i>Viburnum tinus</i>	0.58	0.05 ± 0.03	1.0 ± 0.2	0	60	10	9	14



<http://www.lifegaia.eu>



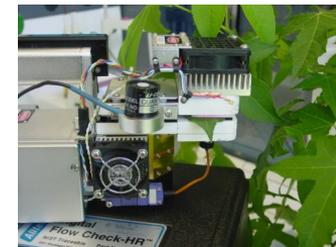


- Vegetazione dei tetti verdi: 10 su 15 **specie erbacee perenni** (e.g. *Achillea millefolium* e *Salvia nemorosa*) più efficienti nel sequestro di CO<sub>2</sub> e di inquinanti. Tutte le specie analizzate non influiscono negativamente sulla qualità dell'aria (OFP=0).

Progetto PRIN  
Caratterizzazione di piante  
idonee alla costituzione di  
tetti verdi

Species	CO <sub>2</sub> absorbed	isoprene	monoterpenes	OFP
	μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	μg g DW <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>	μg g DW <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>	g plant <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
<i>Filipendula purpurea</i>	6.05 ± 0.22	0.25 ± 0.03	0.18 ± 0.04	<0
<i>Filipendula vulgaris</i> 'Kahome'	9.19 ± 0.30	0.26 ± 0.08	0.28 ± 0.12	<0
<i>Sedum spectabile</i>	6.00 ± 0.28	0.17 ± 0.08	0.06 ± 0.03	<0
<i>Solidago praecox</i>	6.71 ± 0.30	n.d.	0.95 ± 0.33	-
<b><i>Rudbeckia sullivantii</i></b> <b>'Goldsturm'</b>	<b>11.33</b> ± 0.16	0.04 ± 0.01	0.16 ± 0.04	-
<i>Campanula persicifolia</i>	9.16 ± 0.38	n.d.	2.12 ± 0.29	<0
<i>Origanum vulgare</i>	8.26 ± 0.39	0.98 ± 0.14	2.29 ± 0.58	<0
<b><i>Salvia nemorosa</i></b>	<b>13.76</b> ± 0.43	0.79 ± 0.17	0.29 ± 0.09	<0
<i>Veronica longifolia</i>	<b>13.71</b> ± 0.44	0.68 ± 0.12	0.75 ± 0.07	<0
<b><i>Erigeron karvinskianus</i></b>	17.09 ± 0.76	0.64 ± 0.14	0.58 ± 0.23	<0
<i>Gaura lindheimeri</i>	7.24 ± 0.41	0.51 ± 0.11	0.45 ± 0.14	<0
<b><i>Achillea millefolium</i></b>	<b>16.10</b> ± 0.77	n.d.	0.44 ± 0.10	<0
<b><i>Hypericum moserianum</i></b>	5.90 ± 0.34	20.14 ± 3.87	3.00 ± 2.25	<0
<i>Lonicera pileata</i>	8.62 ± 0.65	0.78 ± 0.16	0.12 ± 0.05	<0
<i>Satureja repandens</i>	6.37 ± 0.21	0.85 ± 0.32	4.16 ± 1.28	<0

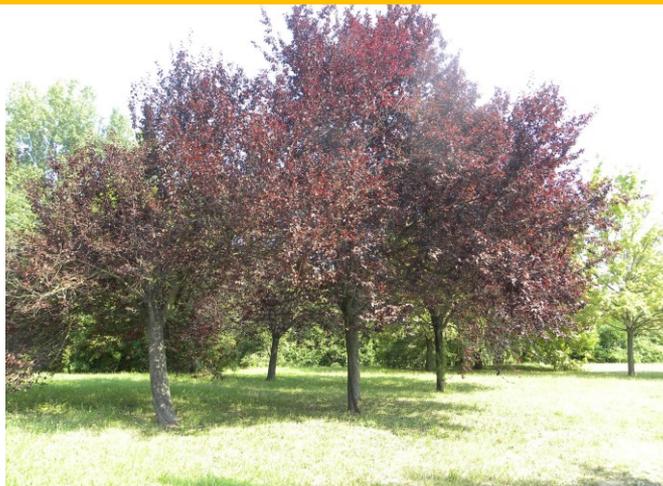
Cespugli sempreverdi



**3. " Ma piantala!!! "**

**Come si scelgono le specie più adatte  
da inserire in un contesto urbano?**

## Per progettare verde con alta capacità di mitigazione preferire specie vegetali con:



- caratteristiche fisiologiche, morfologiche e micromorfologiche favorevoli
- bassa emissione di VOC (basso potenziale di formazione ozono)
- bassa allergenicità
- elevata resistenza a malattie, e maggiore resilienza all'inquinamento e ai cambiamenti climatici
- ridotte esigenze di manutenzione
- rispetto della biodiversità: piante **autoctone** e mellifere...

**Problema:** mentre l'O<sub>3</sub> si forma prevalentemente durante i mesi estivi, le concentrazioni nell'aria di particolato (PM) sono più abbondanti nei mesi invernali...

Per questo nei progetti di pianificazione del verde è importante prevedere la presenza di piante **decidue** e sempreverdi, queste ultime attive anche durante l'inverno

Pino austriaco (*Pinus nigra*), Tasso (*Taxus baccata*), Edera (*Hedera helix*), Carpino bianco (*Carpinus betulus*, caducifoglia mantiene le foglie dell'anno precedente)



Chioma!



- La capacità di mitigazione atmosferica è **specifica per ciascuna specie** caratteristiche ecofisiologiche e micro morfologiche di alberi, arbusti e specie erbacee (sempreverdi, micro morfologia fogliare complessa, basse emissioni BVOC)
- Nella pianificazione del verde urbano è di fondamentale importanza scegliere le specie più idonee al raggiungimento dell'effetto di mitigazione necessario a un determinato ambiente, **conoscenza del contesto urbano**

 Dati meteorologici e dei principali inquinanti LOCALI (ARPA, hot-spots)

**BONUS VERDE: Proroga al 2021 del bonus verde!!!**  
Si potrà usufruire della detrazione del 36% per la sistemazione a verde delle abitazioni. (Assofloro)  
<https://www.facebook.com/295209874220383/posts/955691644838866/?d=n>

**" Ma piantala!!! "**

Quattro milioni e mezzo di alberi in più



**Mettiamo  
radici per  
il futuro**

Uno per ogni abitante dell'Emilia-Romagna, per fare diventare l'Emilia-Romagna il "corridoio verde" d'Italia

È il nuovo progetto della Regione

**Mettiamo radici per il futuro.** I primi 500 mila alberi saranno piantati già quest'anno e cresceranno nei giardini privati e delle scuole, in aree pubbliche e private.

Il progetto è stato **presentato a Bobbio (Pc) il 26 settembre.**

<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/radiciperilfuturoer>

# Un qualche esempio...

Stima della compensazione annuale di un bosco periurbano

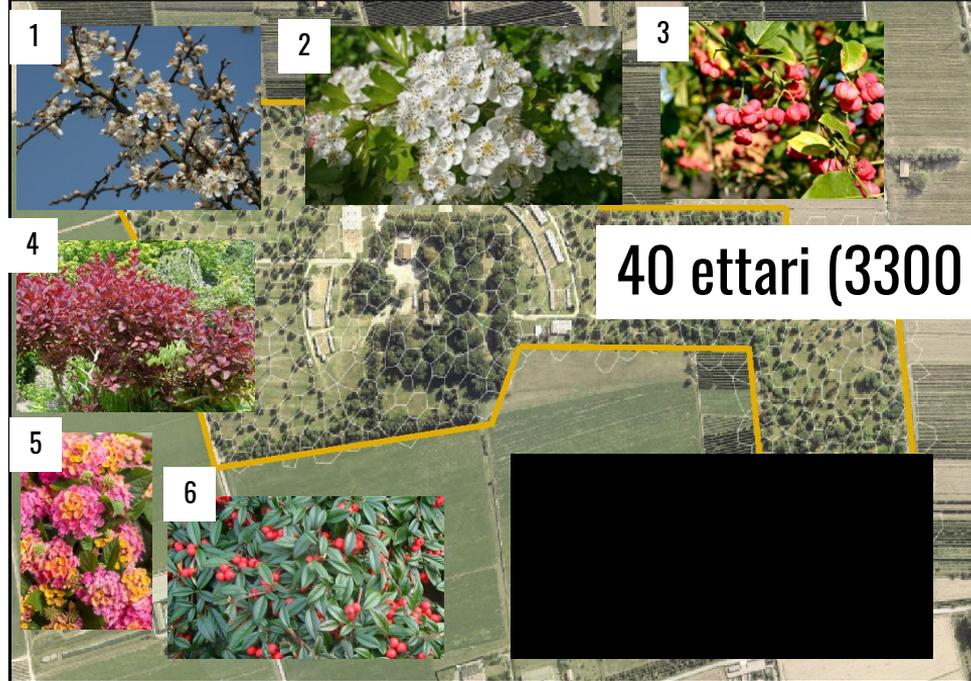
Parco storico Bosco Albergati (Castelfranco Emilia)

## 1. Alberi

- 971 querce
- 153 susini
- 139 aceri
- 72 frassini
- 43 tigli

## 2. Piante e arbusti in siepi

1. Prugnolo selvatico
2. Biancospino
3. Berretta del Prete
4. Scotano
5. Lantana
6. Cotonastro
7. Crespino comune
8. Corniolo
9. Fior d'Angiolo



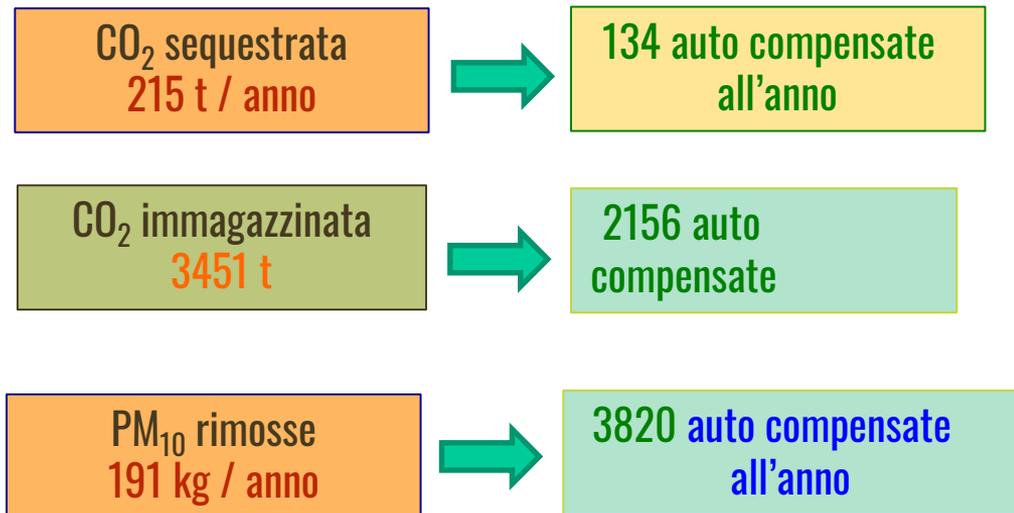
**Giulia Carriero**  
**Oswaldo Facini**  
**Rita Baraldi**

# Compensazione Del Bosco Albergati



Applicando il modello i-Tree Eco ed algoritmi è stato possibile stimare la CO<sub>2</sub> sequestrata e accumulata oltre alla rimozione delle PM<sub>10</sub>, da cui si è stimata la compensazione annuale di un bosco

i-Tree Eco quantifica i benefici prodotti dal verde (alberi e arbusti) dal punto di vista ambientale ed economico.



Un'auto di media cilindrata  
emette  
110 g CO<sub>2</sub> / km



con utilizzo medio  
10.000 km / anno

Emissione totale  
1,1 t CO<sub>2</sub>  
0,05 kg di PM<sub>10</sub>

# Stima della mitigazione della vegetazione urbana di Asti (2018)



E' stato applicato il modello i-Tree Eco per la stima del sequestro della CO<sub>2</sub> e degli inquinanti atmosferici (gassosi e polveri)  
Il calcolo viene eseguito combinando i dati strutturali della vegetazione con quelli sulle condizioni meteo della zona di studio.

Il patrimonio vegetale analizzato è costituito da circa 11800 piante di 151 specie e varietà diverse suddivise in classi di altezza, di diametro e in base allo stato vegetativo

DBH	n. piante	%
<= 20cm	3804	32.2
20-50	6616	56.1
50-100	1343	11.4
>100	36	0.3
n.d	26	0.2

h (m)	n. piante	%
<=6	3777	31.9
6-12	6248	52.8
12-17	1511	12.8
17-23	89	0.8
n.d	200	1.7

Stato vegetativo	n. piante	%
buono	9330	78.9
medio	1953	16.5
pessimo	278	2.4
secco	176	1.5
Non determinato	90	0.8

# Compensazione del patrimonio vegetale di Asti

Emissione di ossigeno: 715 t anno<sup>-1</sup>  
(fabbisogno annuale di 2332  
persone) (0.84 kg O<sub>2</sub> giorno<sup>-1</sup> uomo<sup>-1</sup>)  
PM2,5 rimosse: 197 kg anno<sup>-1</sup>

Un'auto di media cilindrata  
emette  
110 g CO<sub>2</sub> / km



con utilizzo medio  
10.000 km / anno



Emissione totale  
1,1 t CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub> sequestrata  
993t / anno

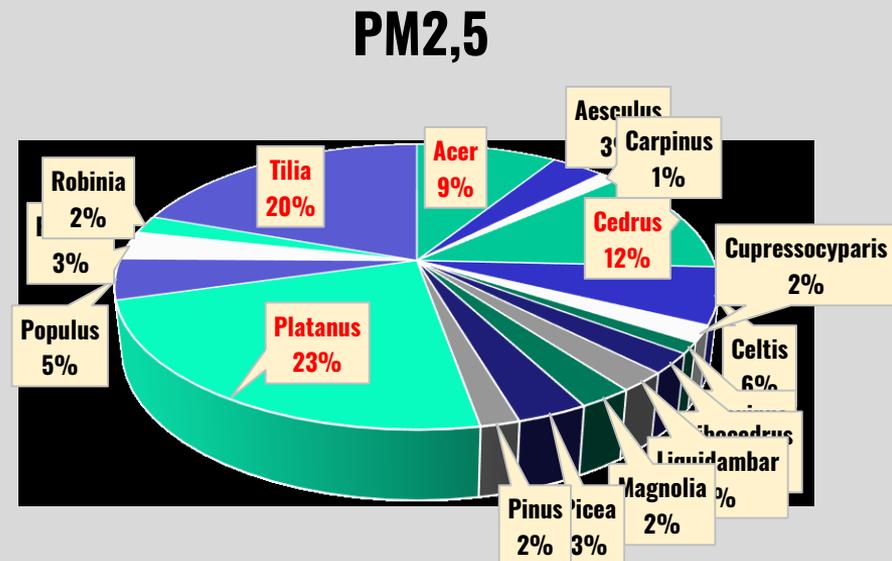
CO<sub>2</sub>  
immagazzinata  
18.039 t

=

903 auto compensate all'anno

=

16399 auto compensate



# CASO STUDIO DI FORESTAZIONE URBANA PER UN FUTURO RESILIENTE: MONITORAGGIO IN SITU (ASTI)

## EFFETTI DELLA VEGETAZIONE SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

Progetto elaborato da Arpa Piemonte - Dipartimento Sud-Est  
in collaborazione con IBE-CNR:

**QUALITÀ DELL'ARIA IN PRESENZA O ASSENZA DI VEGETAZIONE**

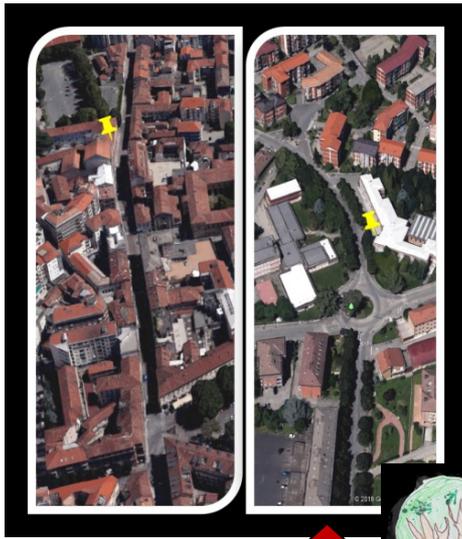


*Confronto tra strada con e senza alberatura*



*Confronto tra piazza con e senza alberi*

## ANDAMENTO METEOCLIMATICO PRIMA CAMPAGNA



**T MIN -6°**  
**T MEDIA -4°C**

**+25%TRAFFICO**  
**-11% POLVERI**

**OZONO -25%**



**T MAX -5°C**  
**T MEDIA -1,5°C**

**= TRAFFICO**  
**-14% POLVERI**

**OZONO -20%**

Il confronto tra aree verdi e non alberate in ambiente urbano **IN PERIODO ESTIVO** ha fornito esiti **positivi e misurabili** in termini di:

- RIDUZIONE DI QUALCHE GRADO CENTIGRADO DELLE TEMPERATURE ESTIVE MINIME, MEDIE, MASSIME
- RIDUZIONE DELLE POLVERI ATMOSFERICHE PM<sub>10</sub> DEL 10-15%
- RIDUZIONE DELL'OZONO ESTIVO DEL 20-25%

# Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria nel comparto industriale della località Bargellino di Calderara di Reno (BO)

PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE DEL TERRITORIO

MIGLIORIAMO L'AMBIENTE INSIEME



COMITATO PER LA SICUREZZA E LO SVILUPPO DEL BARGELLINO

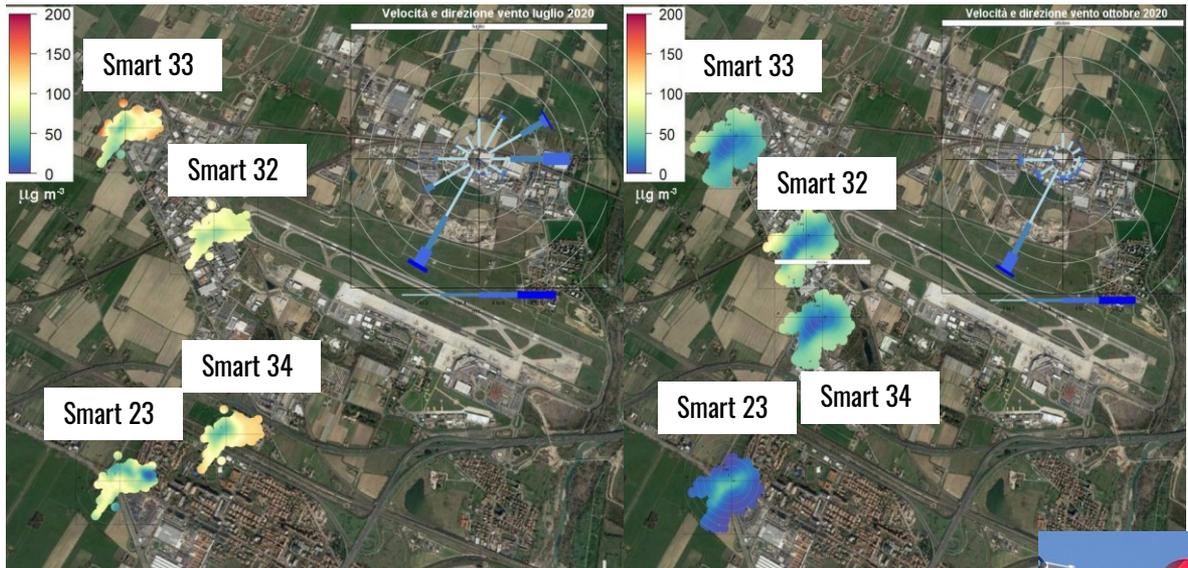
Comune di Bologna  
Quartiere Borgo Panigale-Reno

Comune di Calderara di Reno

SAN LAZZARO D'AVENNA

Comune di Lizzano in Belvedere

Comune di Alto Reno Terme



Ozono a luglio... e ad ottobre 2020



Ricerca effettuata dall'istituto per la Bioeconomia (IBE) del CNR di Bologna, progetto VIVAM in collaborazione con il GAL- OGLIO PO, distretto Florovivaistico PLANTA REGINA



**Acer campestre L.**

Acero campestre

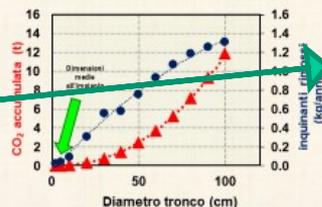


Foto: Tecnosud - www.boncon.it

## Caratteristiche morfo-fisiologiche

- Famiglia Aceraceae
- Foglie opposte con lobi arrotondati e margine liscio
- Caducifoglie
- Classe di grandezza III
- Rapidità di sviluppo elevata
- Provenienza autoctona
- Fioritura aprile-maggio
- Esposizione ☀️☀️☀️
- Esigenze di temperatura 🌡️
- Esigenze idriche 💧
- Bassa allergenicità 🚫
- Specie mellifera 🐝

Correlazione tra diametro del fusto, CO<sub>2</sub> accumulata e rimozione di inquinanti



## Potenziale di mitigazione

Una pianta di 30 cm di diametro di acero campestre..

- CO<sub>2</sub>** Sequestra annualmente 83 kg di CO<sub>2</sub> ed ha accumulato 775 kg di CO<sub>2</sub>
- O<sub>2</sub>** Rilascia 60 kg di ossigeno all'anno
- Assorbe annualmente:**
  - 7 g di PM2.5
  - 59 g NO<sub>2</sub>
  - 23 g SO<sub>2</sub>
  - 397 g O<sub>3</sub>
- COV** Emette 145 g di COV all'anno, in particolare monoterpeni
- Contribuisce alla riduzione del ruscellamento superficiale di 0.3 m<sup>3</sup> all'anno

Buona capacità di mitigazione in ambiente urbano e suburbano



## Studio di compensazione



16  
16 piante di acero campestre compensano l'emissione di CO<sub>2</sub> di un'auto di media cilindrata che percorre 10.000 km/anno



1,5  
1 pianta e mezzo di acero campestre compensa l'emissione di particolato di un'auto di media cilindrata che percorre 10.000 km/anno

[www.vivam.it](http://www.vivam.it)

<https://www.facebook.com/VIVAM-GAL>

Grazie per l'attenzione 😊

[luisa.neri@ibe.cnr.it](mailto:luisa.neri@ibe.cnr.it)

 Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Istituto per la BioEconomia

[www.ibe.cnr.it](http://www.ibe.cnr.it)

# Riferimenti:

Progetto VIVAM: [www.vivam.it](http://www.vivam.it); <https://www.facebook.com/VIVAM-GAL-104955104800612>

Progetto UIA PUJ: <https://www.uia-initiative.eu/en/uia-cities/prato>

Progetto LIFE GAIA: <http://lifegaia.eu/Il-Progetto-Gaia>

Baraldi, Rita, et al. "Ecophysiological and micromorphological characterization of green roof vegetation for urban mitigation." *Urban Forestry & Urban Greening* 37 (2019): 24-32.

Baraldi, R., et al. "An integrated study on air mitigation potential of urban vegetation: from a multi-trait approach to modeling." *Urban Forestry & Urban Greening* 41 (2019): 127-138.

Ferrini, Francesco, et al. "Role of Vegetation as a Mitigating Factor in the Urban Context." *Sustainability* 12.10 (2020): 4247.

<https://www.wownature.eu/compensa-la-co2/>

Terapia forestale:

[https://www.cnr.it/sites/default/files/public/media/attivita/editoria/9788880804307\\_terapia%20forestale.pdf](https://www.cnr.it/sites/default/files/public/media/attivita/editoria/9788880804307_terapia%20forestale.pdf)

<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/radiciperilfuturoer>

Thanks to: R. Baraldi, G. Carriero, O. Facini, E. Licausi