



LIFE URBANGREEN
(LIFE17 CCA/ITA/000079)

**Alberi urbani per migliorare
assimilazione di CO₂, microclima e qualità dell'aria.**

L'esperienza LIFE  URBANGREEN.

**Irene Vigevani*, Alessio Fini*, Jacopo Mori, Marco Gibin, Denise Corsini
Alice Pasquinelli, Piotr Wezyk, Paolo Viskanic, Francesco Ferrini**

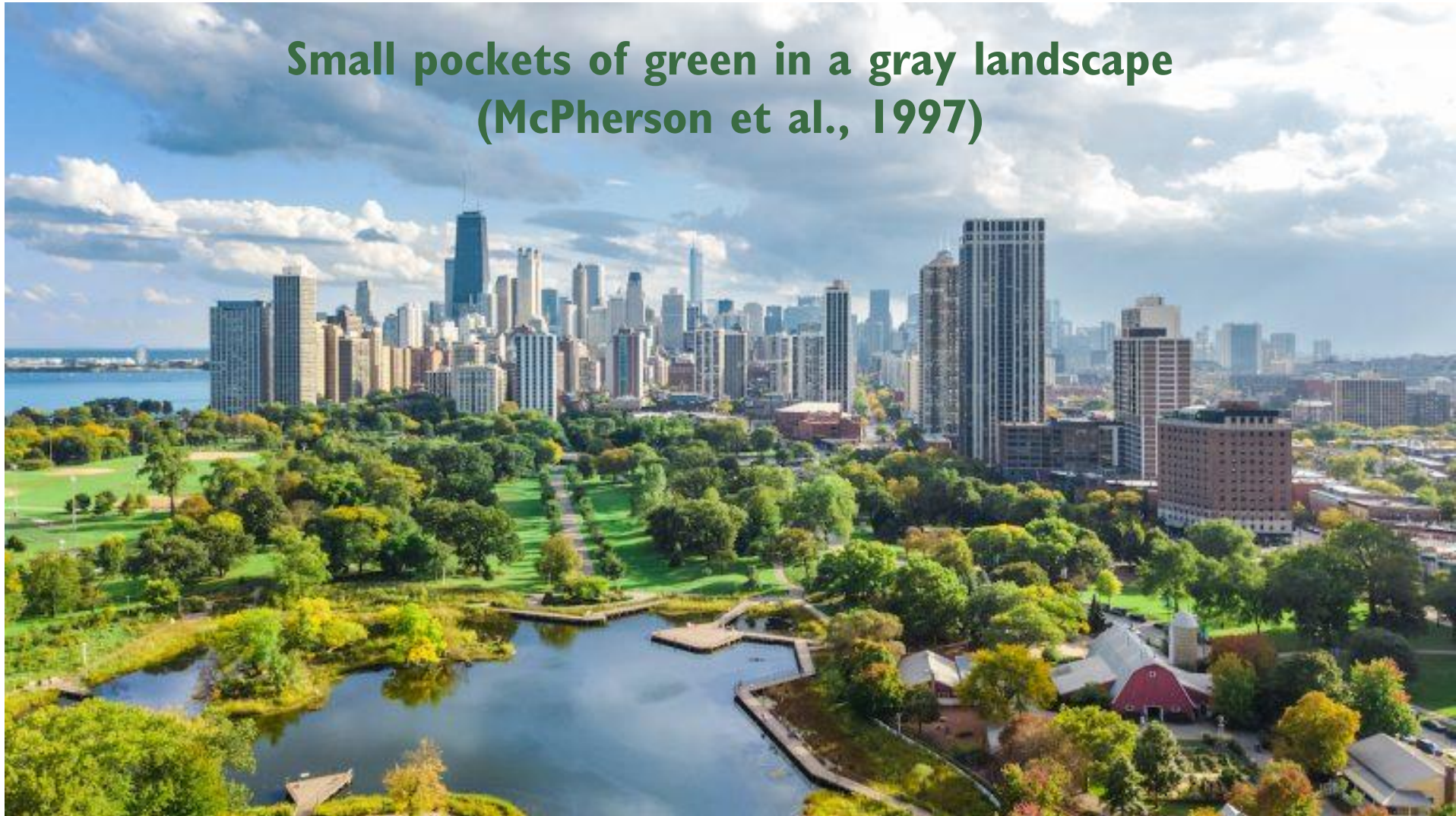
** DISAA, Università degli Studi di Milano, via Celoria 2, Milano*

ECOSISTEMA URBANO – SFIDE AMBIENTALI



FORESTA URBANA

**Small pockets of green in a gray landscape
(McPherson et al., 1997)**

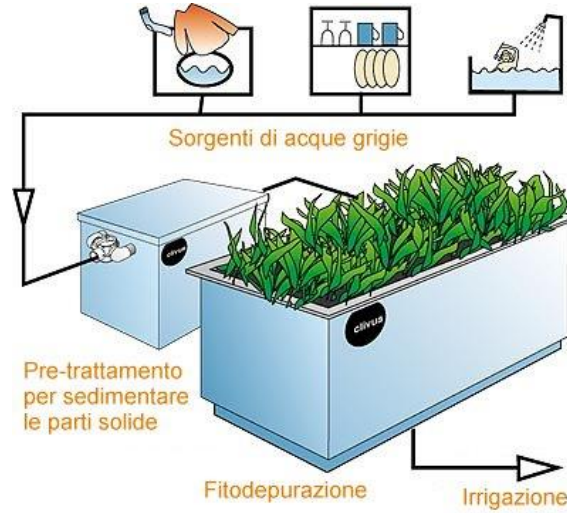


Servizi ecosistemici (SE)

CICES tema	CICES classe	TEEB categorie
APPROVVIGIONAMENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Nutrizione • Materiali 	<ul style="list-style-type: none"> • Cibo, acqua • Materie prime, risorse genetiche, medicinali, ornamentali
SUPPORTO E REGOLAZIONE	<ul style="list-style-type: none"> • Energia • Regolazione dei rifiuti • Regolazione dei flussi • Regolazione dell'ambiente fisico • Regolazione dell'ambiente biotico 	<ul style="list-style-type: none"> • Purificazione dell'aria, trattamento dei rifiuti • Prevenzione dei disturbi, regolazione dei flussi di acqua, prevenzione dell'erosione • Regolazione climatica, mantenimento fertilità del suolo • Protezione del pool genetico, mantenimento del ciclo vitale, impollinazione, controllo biologico
CULTURALE	<ul style="list-style-type: none"> • Simbolici • Intellettuali ed esperienziali 	<ul style="list-style-type: none"> • Informazioni dello sviluppo cognitivo • Estetici, ispirazione per la cultura, arte e design, esperienze spirituali, ricreazione e turismo

Riadattato da Haines-Young and Potschin, 2011

SE – APPROVVIGIONAMENTO



SE – CULTURALI (s.s.)



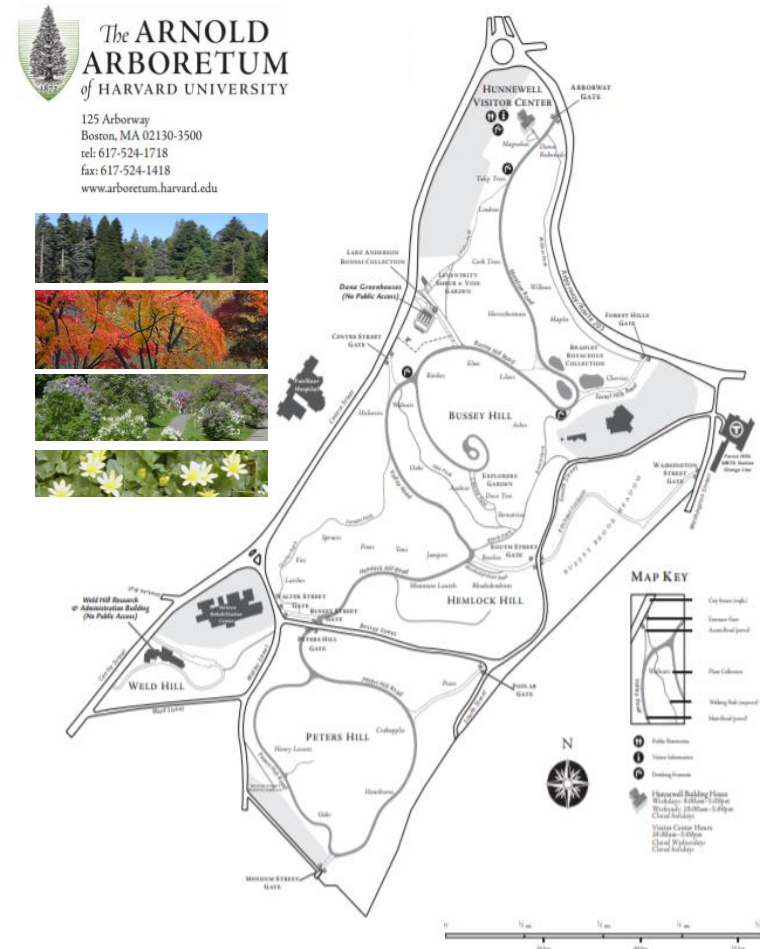
Orto botanico di Padova (Giardino dei Semplici), 1545: primo al mondo.



Orto botanico di Brera, Univ. di Milano, 1744.



Cambridge University Botanic Garden, 1762.



Arnold Arboretum della Harvard University, 1872



SE – CULTURALI (paesaggistici, storici, turistici, ricreativi)



SE – CULTURALI (architettonici)



SE – CULTURALI (sociali, sicurezza)

La natura metropolitana crea ambienti vitali in cui le interazioni sociali possono facilmente avvenire (*de Vries et al., 2013*), anche tra persone di diverse etnie (*Peters et al., 2010*), età e classi sociali.



Alberi piccoli e fitti aumentano il crimine...



Boschetto di Rogoredo - Milano - Italia



Nelle comunità in cui è frequente l'interazione tra persone, in cui c'è fiducia reciproca, il tasso di criminalità e omicidi è significativamente inferiore (*Belliar, 1997*)



Plaza de España - Madrid - Spagna

alberi grandi e basse densità di impianto lo riducono (*Donovan e Prestemon, 2012*)

© Irene Vigevani

SE – CULTURALI (fisici, psicologici)



Le aree verdi aumentano il benessere:
stato di pieno appagamento fisico, mentale e sociale, non la semplice assenza di patologie.



Stress reduction theory (SRT): la natura stimola reazioni affettive inconsce, che attivano vie metaboliche in grado di alleviare lo stress. La permanenza in contesti naturali riduce la tensione muscolare, la conduttanza epidemica, il cortisolo salivare, la pressione sanguigna e la frequenza cardiaca (Kuo, 2015).



Attention restoration theory (ART): la capacità di concentrarsi su qualcosa che richiede uno sforzo cognitivo è limitata nel tempo (Kaplan e Berman, 2010), ma gli stimoli della natura (suoni, odori e segnali visivi) sono in grado di condurre a uno stato di defaticamento mentale, capace di rigenerare la capacità di concentrazione per un periodo di tempo prolungato.



L'attività fisica all'aperto può essere anche più benefica di quella indoor (Mitchell, 2013).



La presenza di piante incrementa la produttività, diminuisce l'assenteismo, migliora l'umore dei lavoratori.

SE – CULTURALI (salute)



Largo-Wight et al., 2018.

Le aree verdi stimolano le capacità cognitive, migliorano il comportamento sociale dei bambini (Largo-Wight et al., 2018),

migliorano il sistema immunitario (Kuo, 2015)



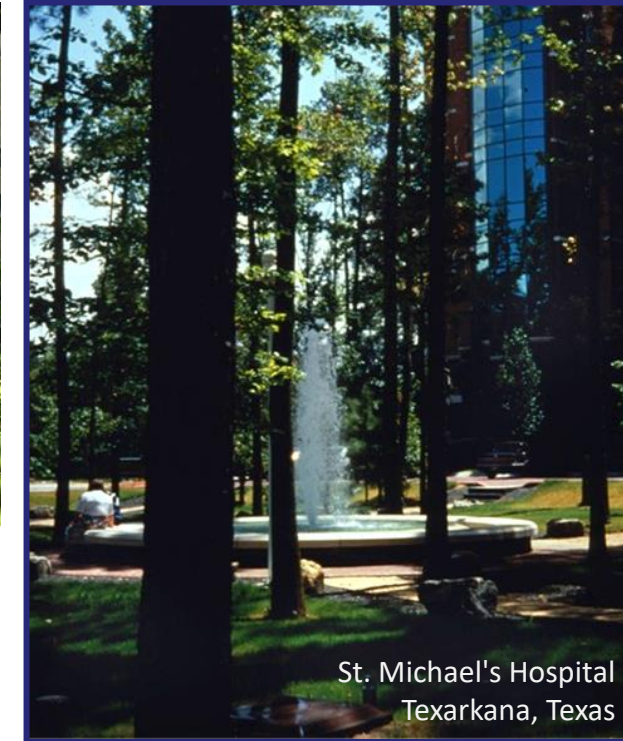
e riducono i sintomi di ADD (Attention Deficit Disorder), il disturbo comportamentale più comunemente diagnosticato tra bambini e adolescenti (Polanczyk et al., 2007).



Burn patient rehabilitation garden Legacy Health, Portland

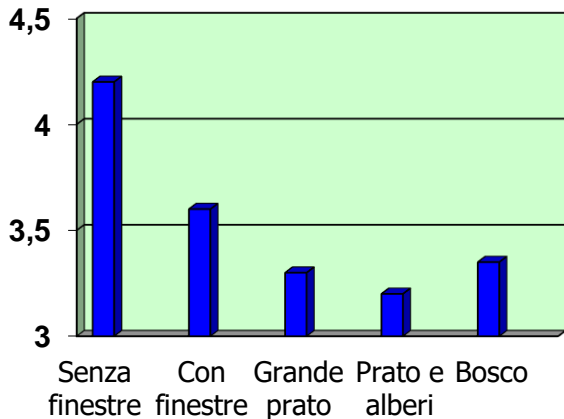


HEALING GARDEN - Il giardino degli abbracci dell'Ospedale San Carlo di Milano



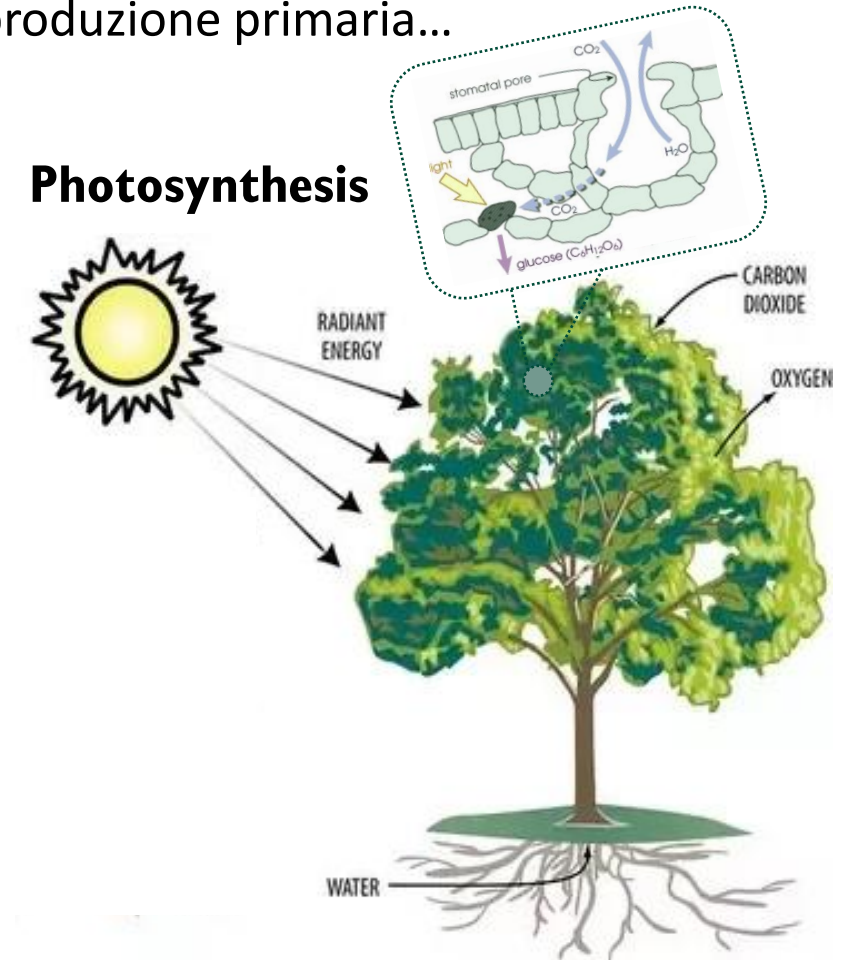
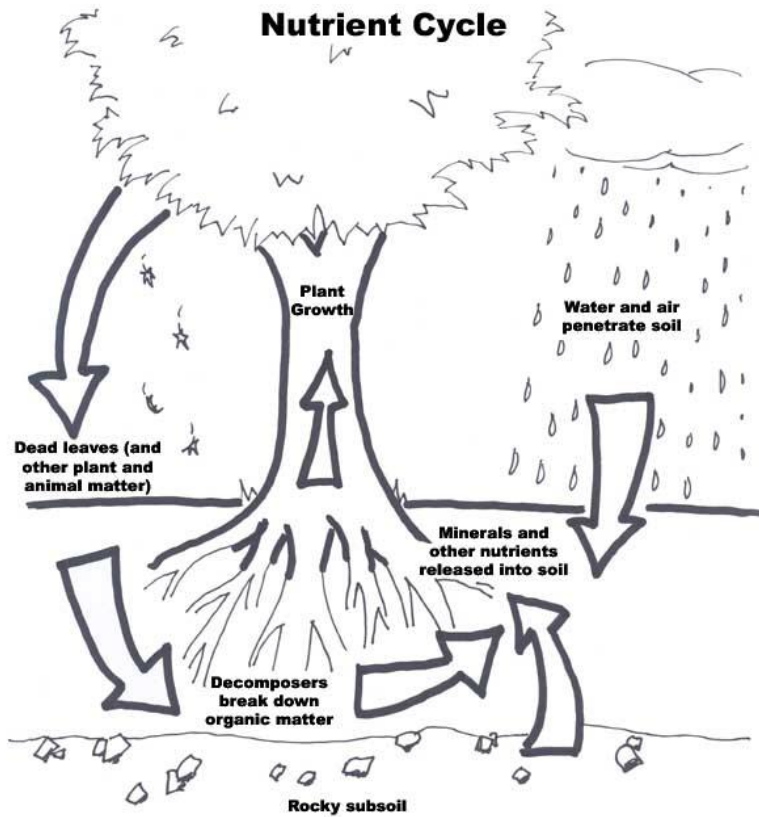
St. Michael's Hospital Texarkana, Texas

Aiutano il recupero post-operatorio, ne riducono il periodo e diminuiscono l'uso di antidolorifici.



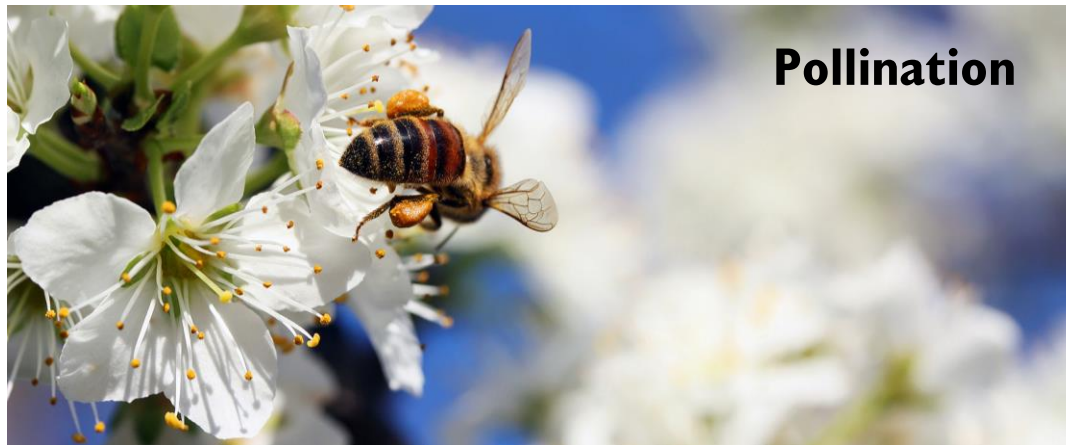
SE – SUPPORTO

Le aree verdi sono in grado di supportare processi indispensabili alla vita, come il ciclo dei nutrienti, la formazione del suolo, la produzione primaria...



SE – REGOLAZIONE

...e di regolare fenomeni ambientali, come la regolazione dell'impollinazione, del rumore...



- habitat per gli impollinatori
- habitat per antagonisti naturali di agenti biologici di danno delle colture

(Steingröver et al., 2010)



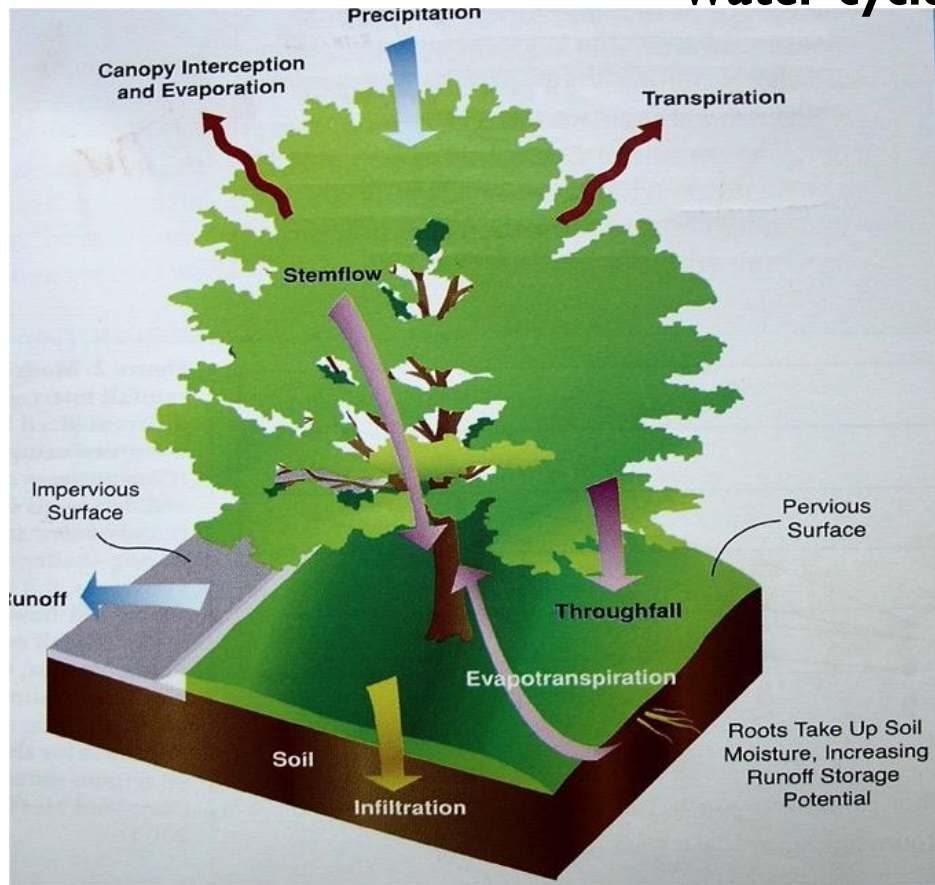
- Foglie grandi e rigide
- Disposizione delle foglie il più perpendicolare possibile rispetto alla direzione d'incidenza del rumore
- Tessitura fogliare fitta anche nella zona interna della chioma
- Ramificazioni fin dal colletto
- Lunga stagione vegetativa; specie con foglie secche persistenti sono consigliate (*Carpinus betulus*, *Fagus sylvatica*, *Quercus robur*)
- Le conifere, a causa della morfologia fogliare, hanno un impatto limitato

(Beck, 1982; Florineth, 2004)

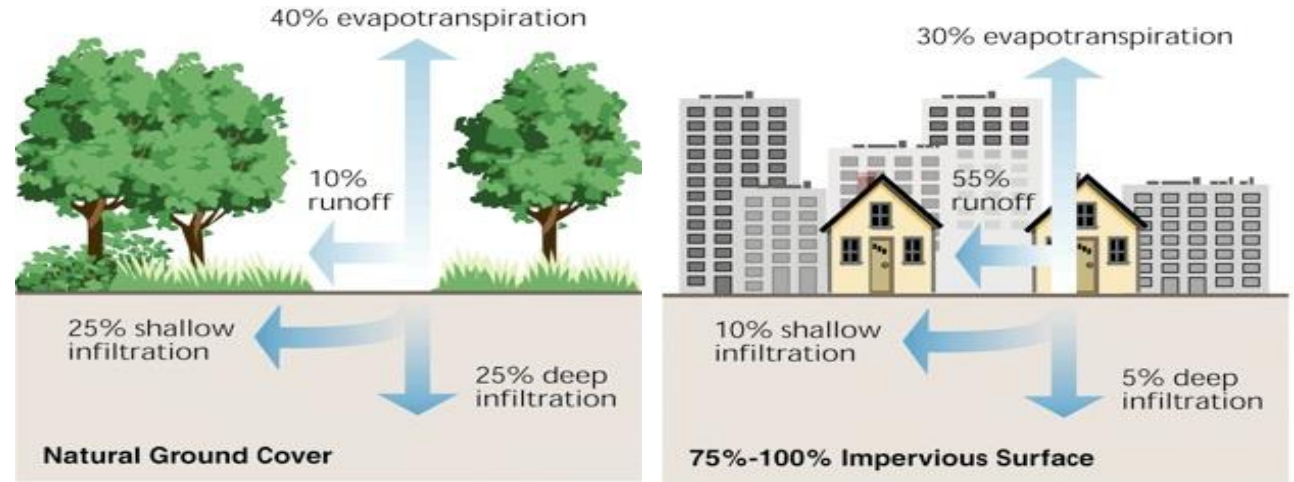
SE – REGOLAZIONE

...del ciclo dell'acqua

Water cycle



Mc Pherson, 2005



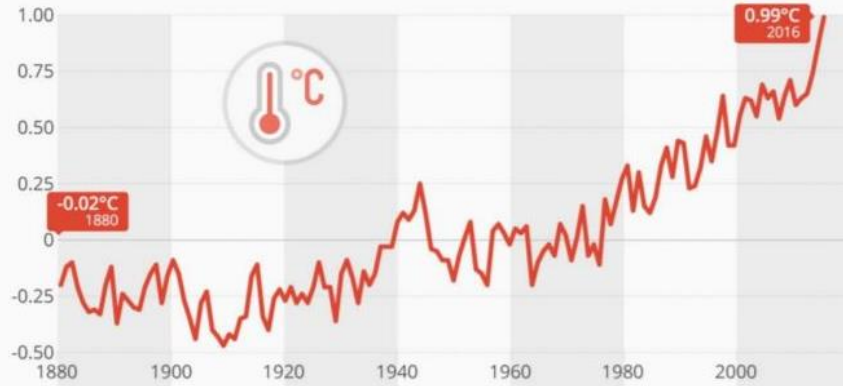
SE – REGOLAZIONE (riduzione CO₂ atmosferica)



Le piante legnose sono un eccellente sink di carbonio, in grado di assimilare e stoccare la CO₂ atmosferica.

CO2 Levels and Global Warming

Annual mean surface temperature of the earth from 1880 to 2016 (in °C)



Direct measurements of atmospheric carbon dioxide from 1958 to 2017 (in parts per million)*



* Average seasonal cycle removed. Figures are for March of each year to 2016, 2017 = February. 2016 and 2017 figures subject to change.



Sources: NASA, NOAA

statista



Quercus rubra, piazza XXIV Maggio, Milano

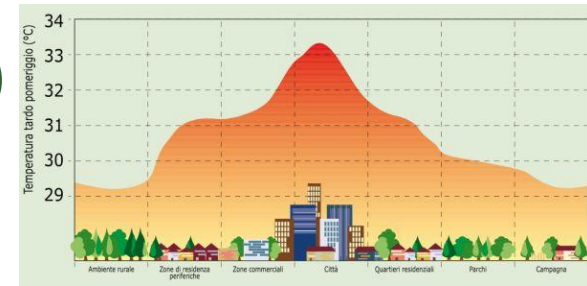
ASSIMILAZIONE: carbonio annualmente rimosso dall'atmosfera dalle piante, convertito in zuccheri tramite la fotosintesi (kg/anno).



STOCCAGGIO: carbonio che rimane permanentemente in forma organica, sotto forma di biomassa legnosa (fusto, branche, radici principali), fino alla morte della pianta (kg).

SEQUESTRO: incremento dello stoccaggio di carbonio nel tempo (kg).

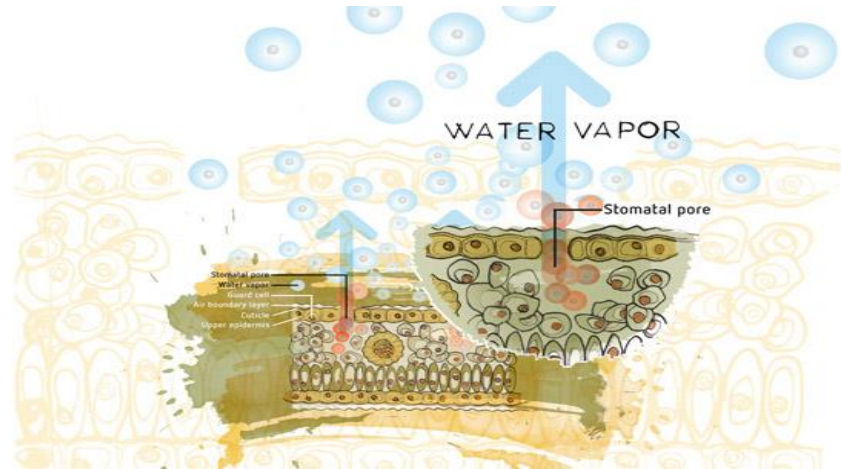
SE – REGOLAZIONE (miglioramento microclima)



OMBREGGIAMENTO

Le piante riducono la quota di radiazione che raggiunge pavimentazioni ed edifici.

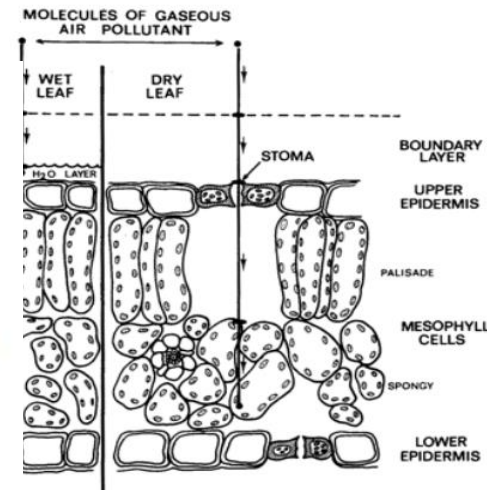
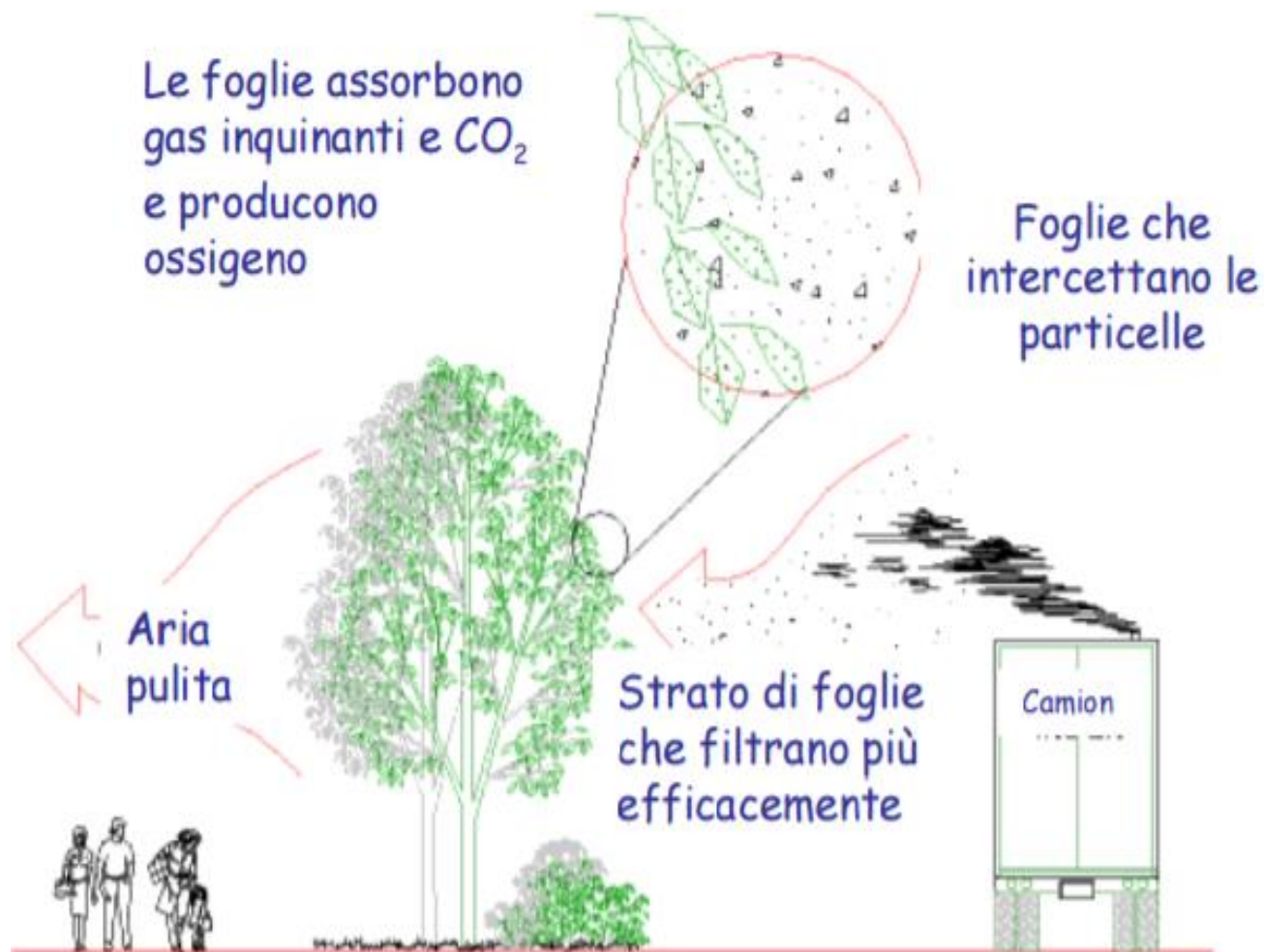
La temperatura effettiva per le persone può essere ridotta di 7-15°C all'ombra degli alberi (Matzarakis et al. 1999; Müller et al. 2014).



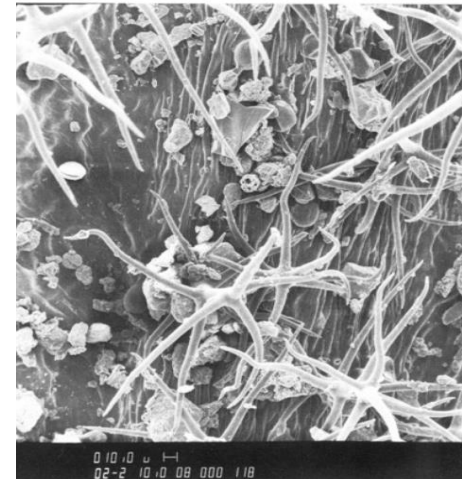
TRASPIRAZIONE

Tramite il processo traspirativo, le piante sottraggono calore all'aria. La riduzione della temperatura dell'aria all'interno o al di sotto della chioma degli alberi varia tra 1°C e 8°C (Georgi e Zafiriadis 2006; Rahman et al. 2017b).

SE – REGOLAZIONE (miglioramento qualità dell'aria)



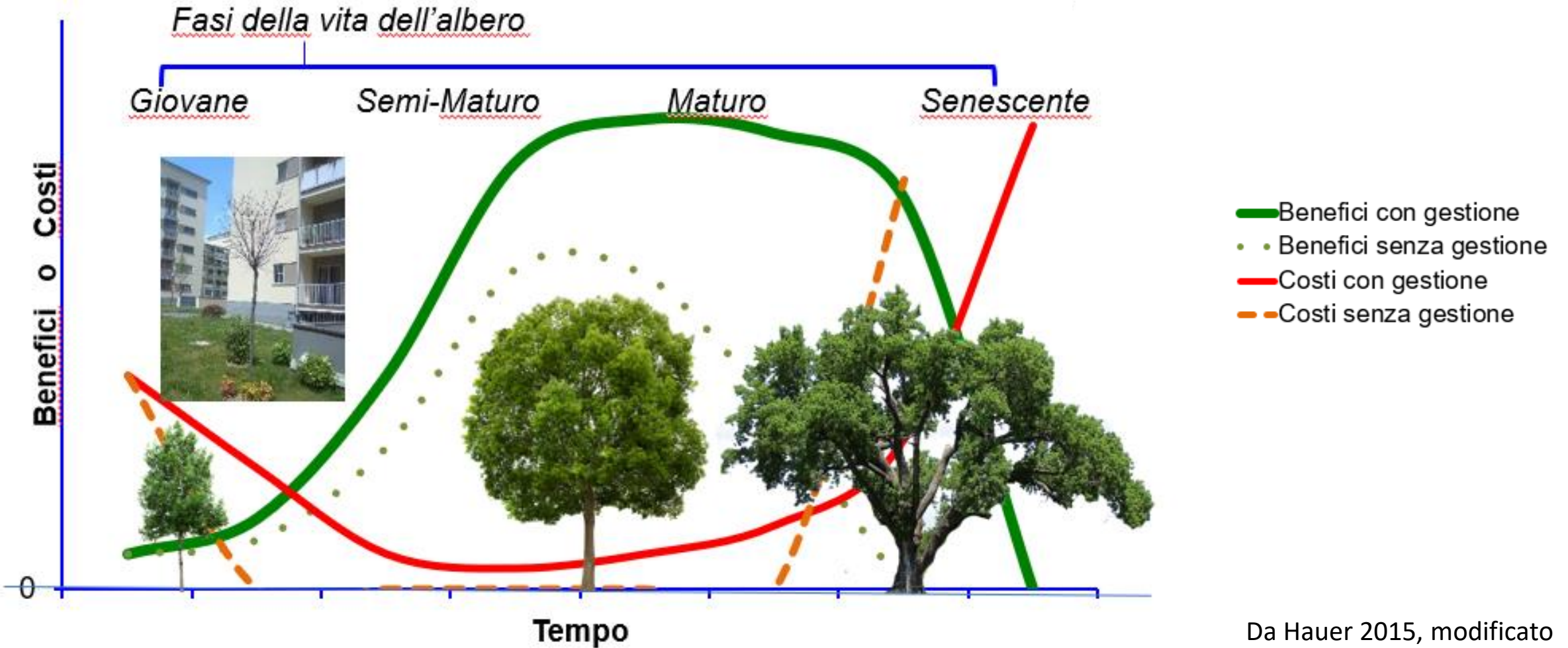
ASSORBIMENTO
INQUINANTI GASSOSI
(NO_x; SO₂; O₃; CO)



ADSORBIMENTO
INQUINANTI
PARTICELLARI
(PM₁₀; PM_{2.5}; PM_{0.1})

Figure 5-3. Scanning electron microscope micrograph of the adaxial surface of 8-week-old London plane leaf. Spore, pollen, carbonaceous, angular, and regate particles are visible. Scale, 10 μm.

Verde Urbano: Benefici o Costi?





Gustav Klimt, 1907. *Poppy Field*

LIFE URBAN GREEN (2018–2021)

R3GIS
managing spaces

ProGea^{4D}

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

Anthea

Zarząd
Zieleni Miejskiej
w Krakowie

Una piattaforma tecnologica innovativa per migliorare la gestione delle aree verdi e l'adattamento delle città ai cambiamenti climatici



QUANTIFICAZIONE SERVIZI ECOSISTEMICI



SMART IRRIGATION



RIDUZIONE DELL'IMPATTO DEGLI INTERVENTI DI GESTIONE



MONITORAGGIO CON SENSORI, DATI SATELLITARI E DATI METEO



MAGGIORE COINVOLGIMENTO DEI CITTADINI

Servizi Ecosistemici?



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

**1- misurazione
di alcuni servizi
ecosistemici**

**2- valutazione
degli effetti della
gestione sui
servizi
ecosistemici**



Siti sperimentali

Il progetto si svolge in due città europee, scelte per la loro eterogeneità in termini di condizioni climatiche e modelli di gestione del verde urbano:
Rimini (Italia), Cracovia (Polonia)



Siti sperimentali- caratteristiche climatiche e ambientali

Parameter (30-y-average)	Rimini	Krakow
Climate zone (Koppen)	Cfa	Dfb
Tmin (°C)	8,6	3,8
Tmax (°C)	17,6	12,8
Rainfall (mm)	705	622

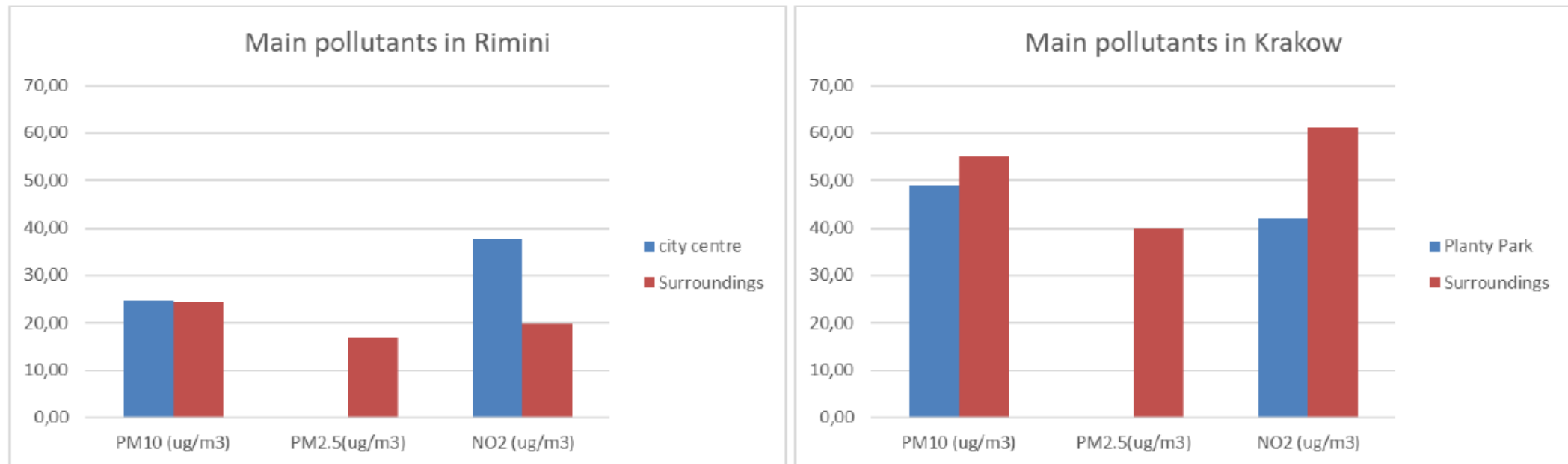


Fig. 1 - Average PM10, PM2,5, and NO2 in the two cities.¹

Specie modello

Per ogni città sono state selezionate 10 specie modello, sulla base della: 1) rilevanza della specie all'interno della città; 2) dimensione a maturità; 3) persistenza fogliare

Specie	Habitus
<u>Quercus robur</u>	Large deciduous
<i>Platanus x acerifolia</i>	Large deciduous
<u>Populus nigra</u>	Large deciduous
<i>Quercus ilex</i>	Large evergreen
<u>Pinus pinea</u>	Large evergreen
<i>Tilia x europaea</i>	Medium-large deciduous
<u>Aesculus hippocastanum</u>	Medium-large deciduous
<u>Acer negundo</u>	Medium deciduous
<i>Ligustrum lucidum</i>	Small semi-deciduous
<i>Prunus laurocerasus</i>	Evergreen shrub

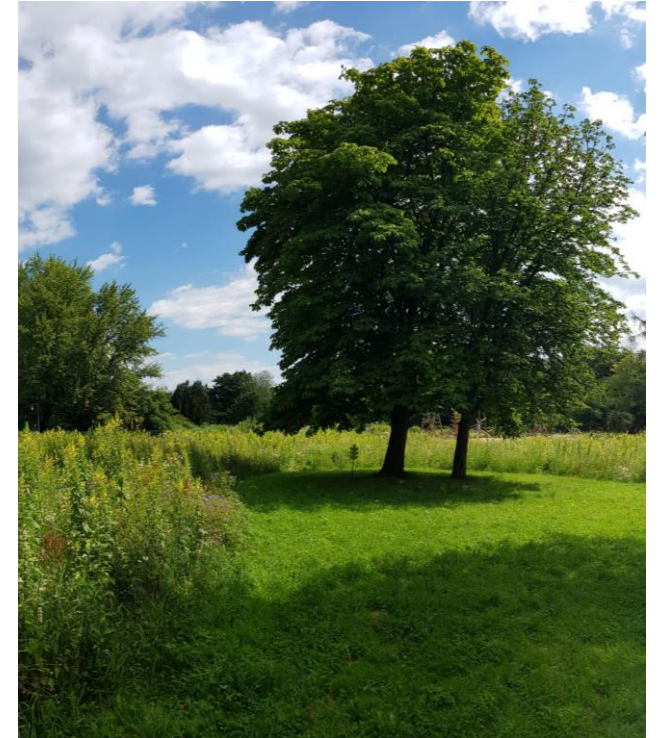
Specie	Habitus
<u>Quercus robur</u>	Large deciduous
<i>Fraxinus excelsior</i>	Large deciduous
<u>Populus nigra</u>	Large deciduous
<i>Ulmus laevis</i>	Large deciduous
<u>Pinus nigra</u>	Medium evergreen
<i>Tilia cordata</i>	Medium-large deciduous
<u>Aesculus hippocastanum</u>	Medium-large deciduous
<u>Acer platanoides</u>	Medium-large deciduous
<i>Sorbus aucuparia</i>	Small deciduous
<i>Cornus alba</i>	Deciduous shrub

Aree sperimentali – stratificazione

Le aree sperimentali sono state suddivise in diversi strata con caratteristiche simili:

Aree pavimentate: alberature stradali, piante in prossimità di strade principali e parcheggi, in generale piante con buca d'impianto delimitata da pavimentazione o con conflitti visibili con il costruito

Aree non pavimentate: piante in parco, dove il suolo è libero da pavimentazione e il conflitto tra albero e costruito è assente

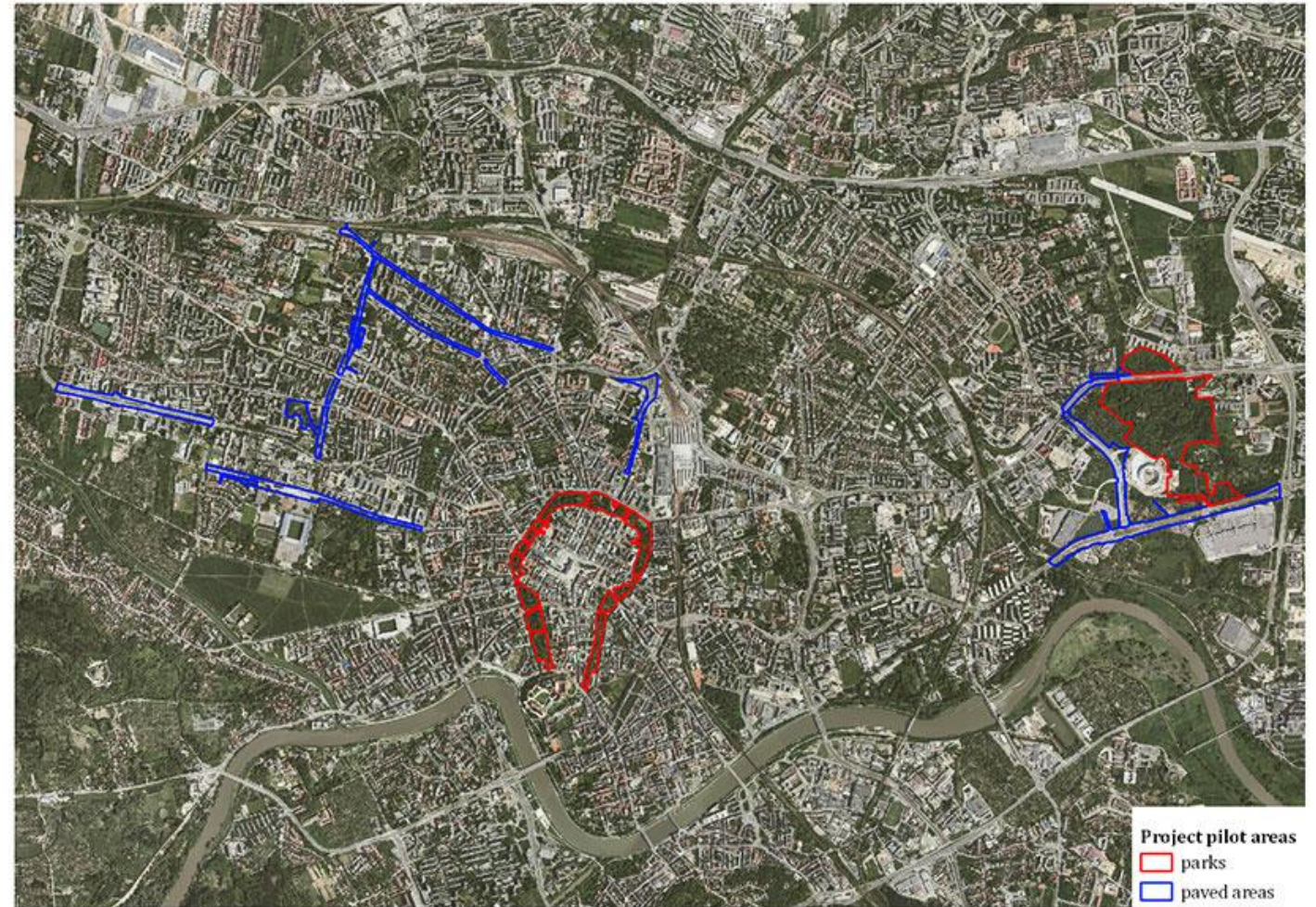


Area sperimentali – stratificazione

Rimini (IT)



Cracovia (PL)



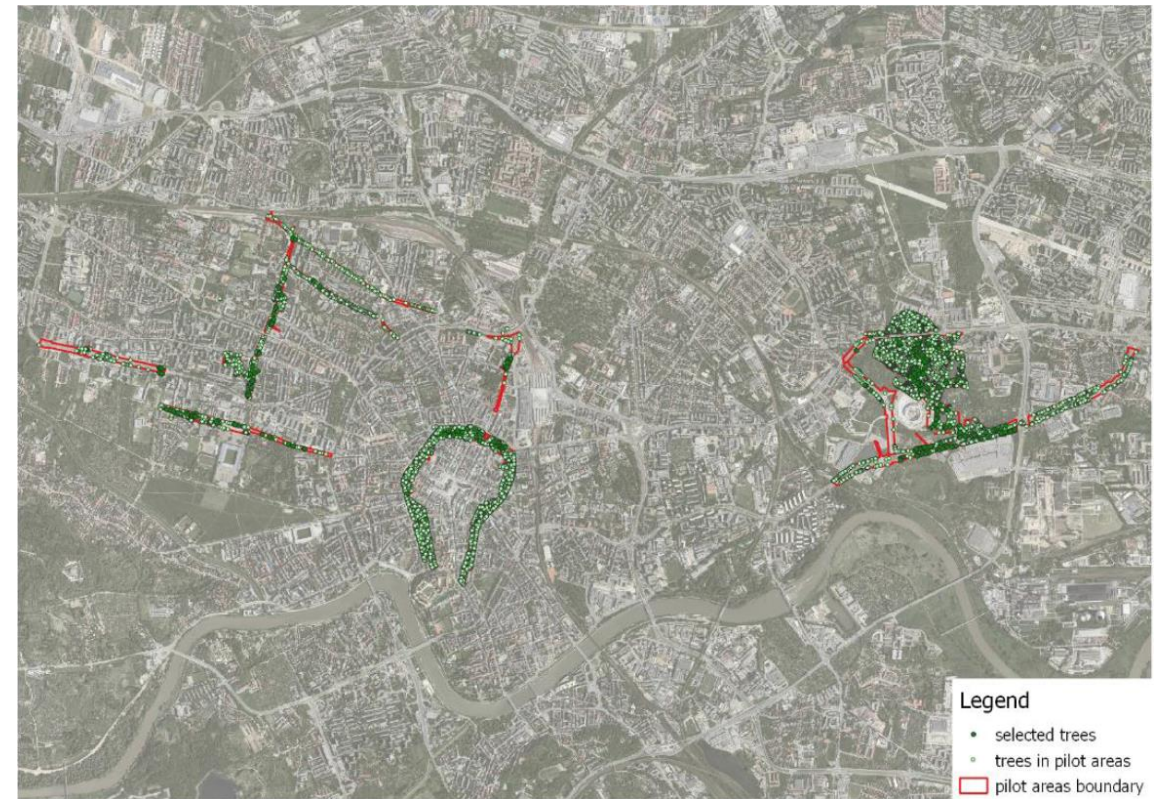
Aree sperimentali – selezione alberi

Le piante delle specie selezionate sono state identificate, tracciate su gis e aggregate in 12 repliche (aree omogenee contenenti tutte le specie)

Rimini (IT)



Cracovia (PL)



Misurazione dei Servizi Ecosistemici

Attraverso misurazioni *in situ* svolte nelle due città (Rimini , Cracovia) in diverse **stagioni** (primavera, estate, autunno), sono stati quantificati alcuni servizi ecosistemici di regolazione ambientale:

- **Assimilazione di CO₂ (A)**
- **Miglioramento del microclima per traspirazione (E)**
- **Miglioramento della qualità dell'aria per adsorbimento di particolato atmosferico (PM)**

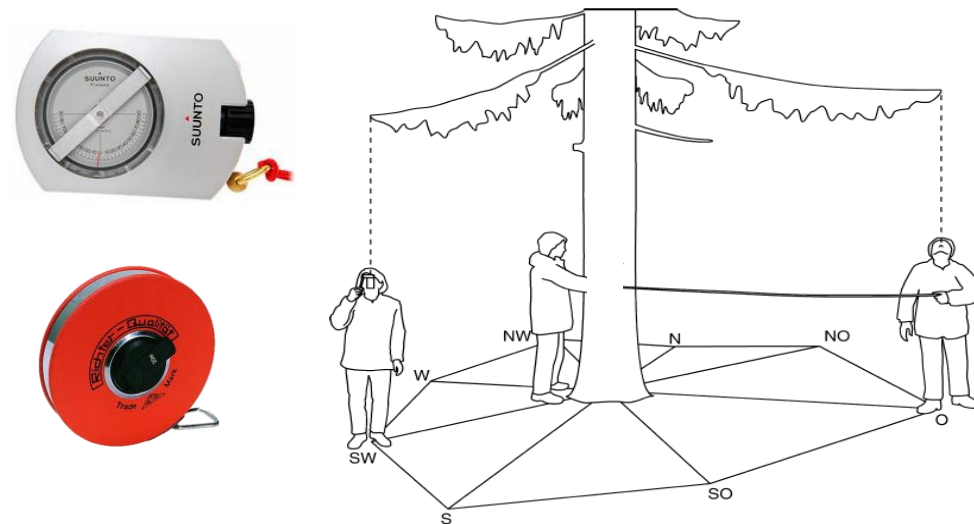


Misurazioni biometriche

L'età di ogni albero è stata ottenuta con l'assistenza di Anthea e ZMZ (società municipali di gestione del Verde).

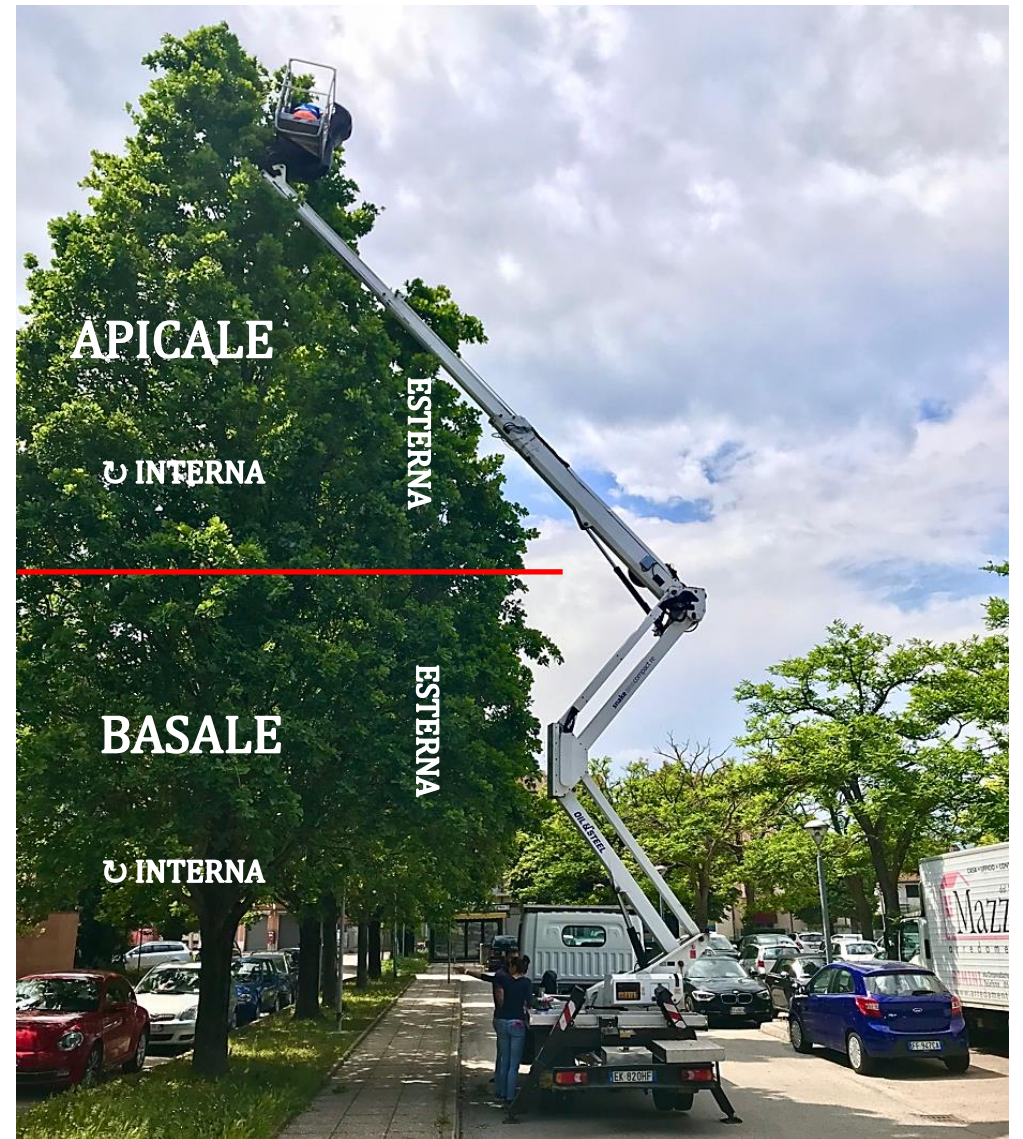
Il **diametro del fusto (DBH)**, l'**altezza (H)** e l'**area di proiezione della chioma (DLA)** sono stati misurati su circa 300 alberi per città.

L'**indice di area fogliare (LAI)**, la superficie di area fogliare per unità di superficie del suolo, è stato misurato al fine di ottenere la stima dell'**area fogliare totale dell'albero (TLA)**: $TLA = DLA * LAI$



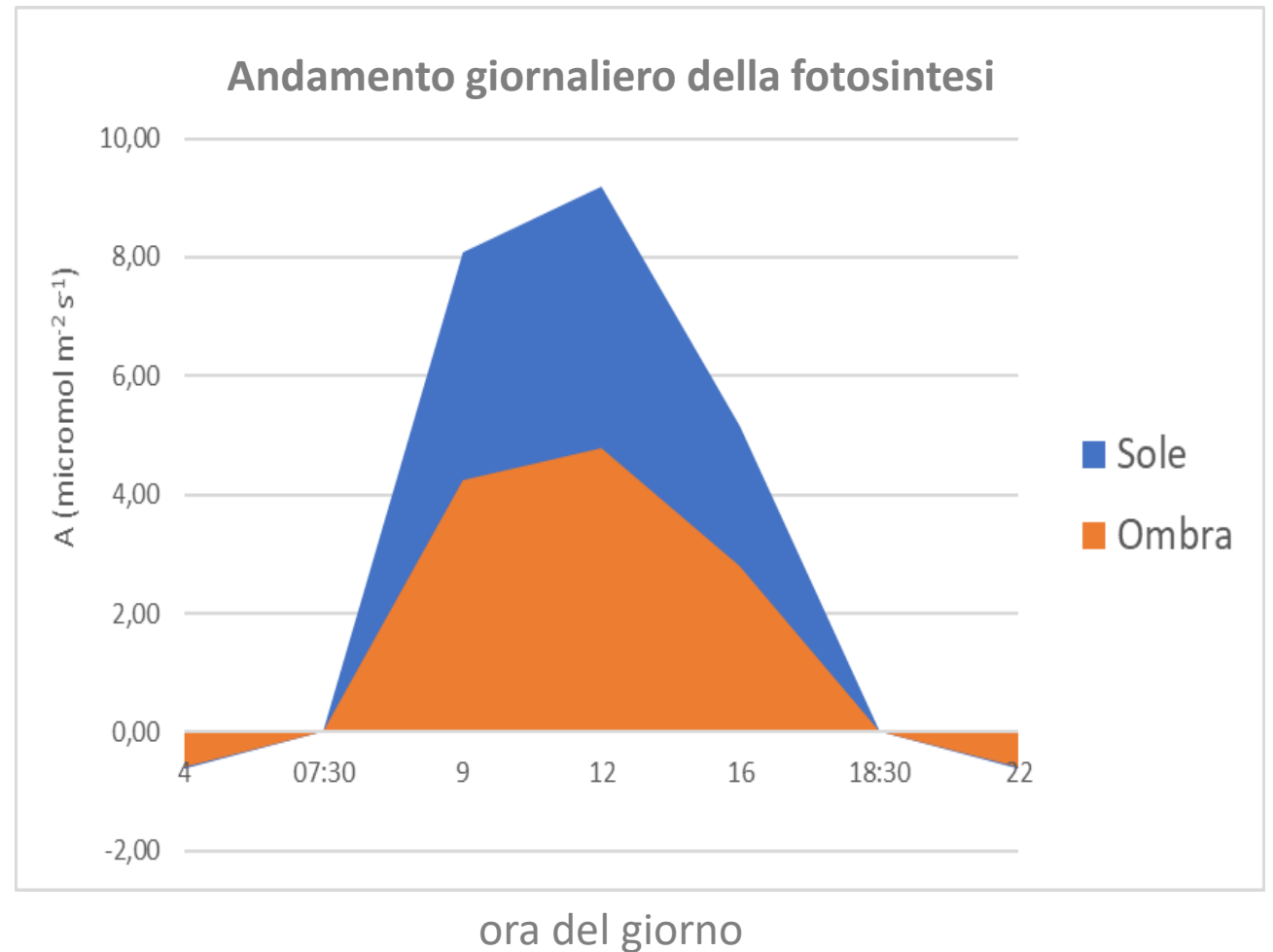
Misurazioni ecofisiologiche

ASSIMILAZIONE (A) e TRASPIRAZIONE (E) sono state misurate su foglie poste in quattro diverse porzioni della chioma con un analizzatore di scambi gassosi a infrarossi (LI-6400XT).

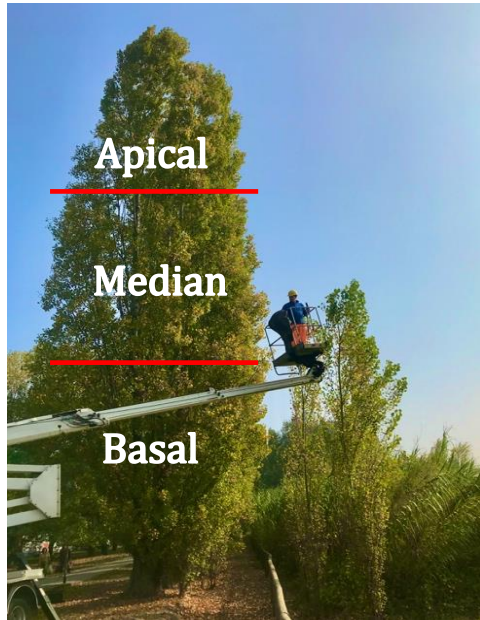


Misurazioni ecofisiologiche

Le misurazioni sono state effettuate in diversi momenti della giornata (mattina, pomeriggio, sera, notte), al fine di ottenere, su base giornaliera, l'effettiva quota di CO₂ assimilata ed H₂O traspirata.



Misurazioni ecofisiologiche



Raccolta campioni
n. 2301, ad oggi

Accumulo di PM ($\mu\text{g cm}^{-2}$)

Quantità di PM adsorbito per unità di area fogliare *al momento del campionamento*



PM₁₀₋₁₀₀ (grande)

PM_{2.5-10} (grossolano)

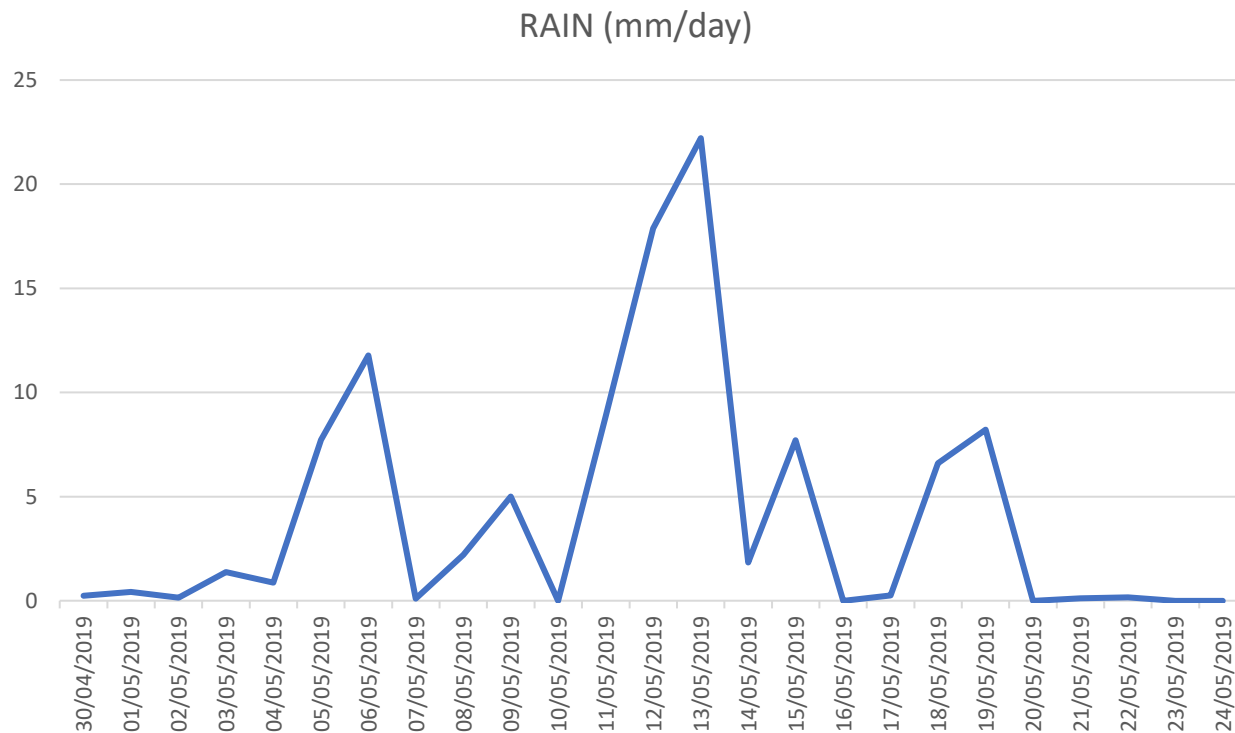
PM_{0.2-2.5} (fine)

Analisi di laboratorio: tecniche gravimetriche
Dzierzanowski et al. (2011) and Mori et al. (2018), modificato

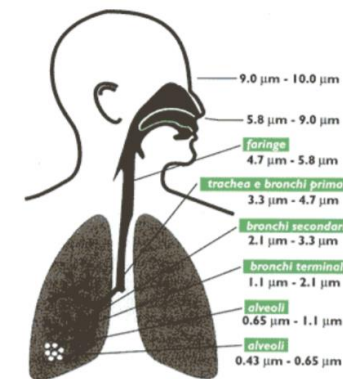
Misurazioni ecofisiologiche

Deposizione di PM ($\mu\text{g cm}^{-2}$ giorno $^{-1}$)

Accumulo quotidiano che si verifica su una foglia dopo il dilavamento da parte della pioggia



La deposizione di PM ($\mu\text{g cm}^{-2}$ giorno $^{-1}$), calcolata in relazione alla pioggia caduta prima dei campionamenti (Chen et al., 2016; Xu et al., 2017), può essere integrata per ottenere la quantità annua di PM rimossa.



PM₁₀

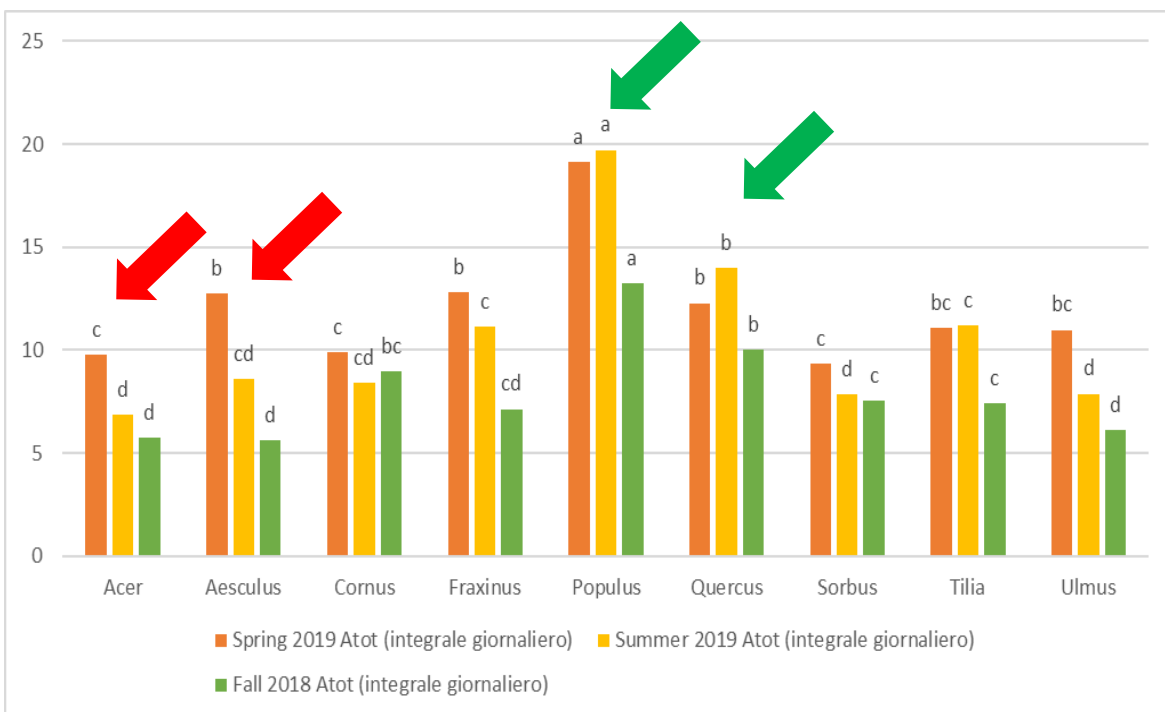
PM_{2.5}

Assimilazione – effetto della specie

Specie a comportamento **anisoidrico** mostrano valori maggiori di specie a comportamento **isoidrico**.

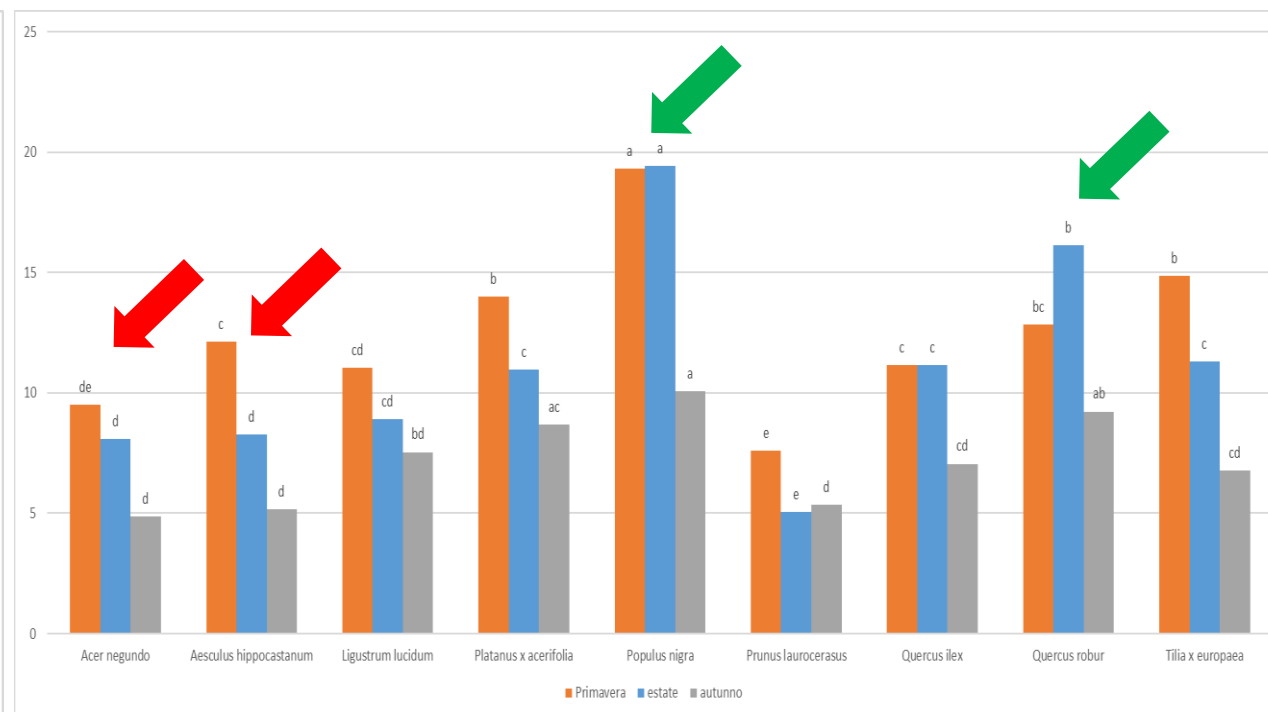
Cracovia

Assimilazione giornaliera (g CO₂ m₋₂ giorno₋₁)



Rimini

Assimilazione giornaliera (g CO₂ m₋₂ giorno₋₁)

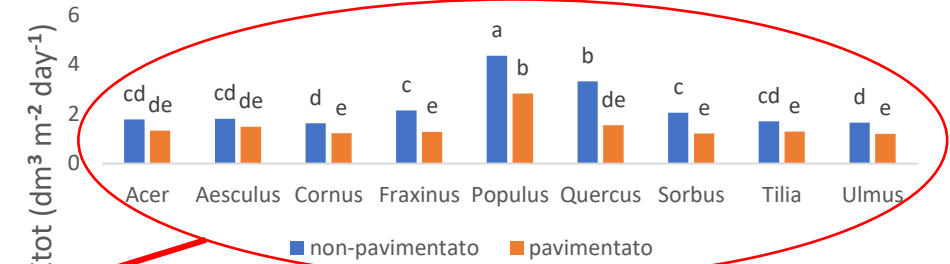


Traspirazione – effetto di specie e strata



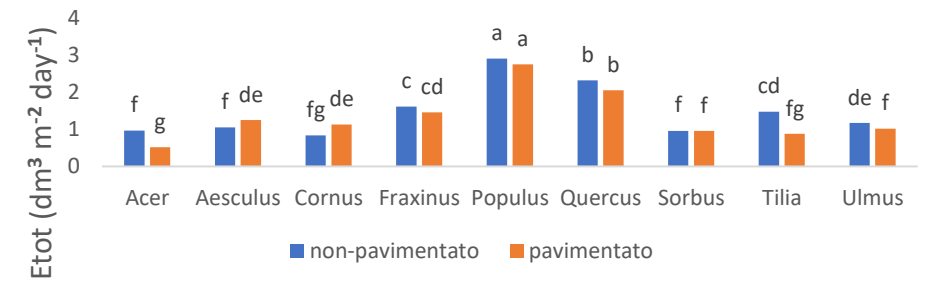
A Cracovia, il calo dei valori di traspirazione nello strata pavimentato potrebbe essere dovuto a stress salino, causato dall'uso di sali antighiaccio lungo le strade.

Primavera
Etot: specie x strata



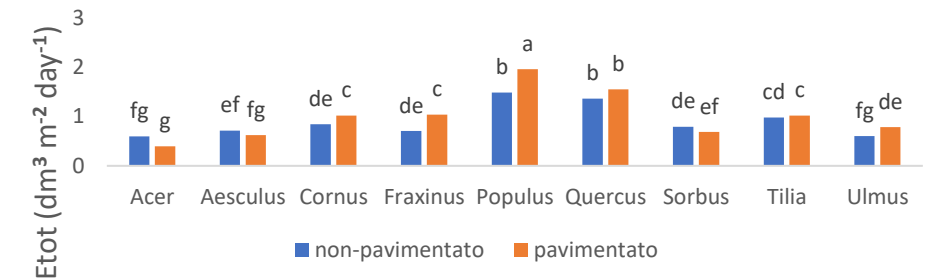
Estate

Etot: specie x strata



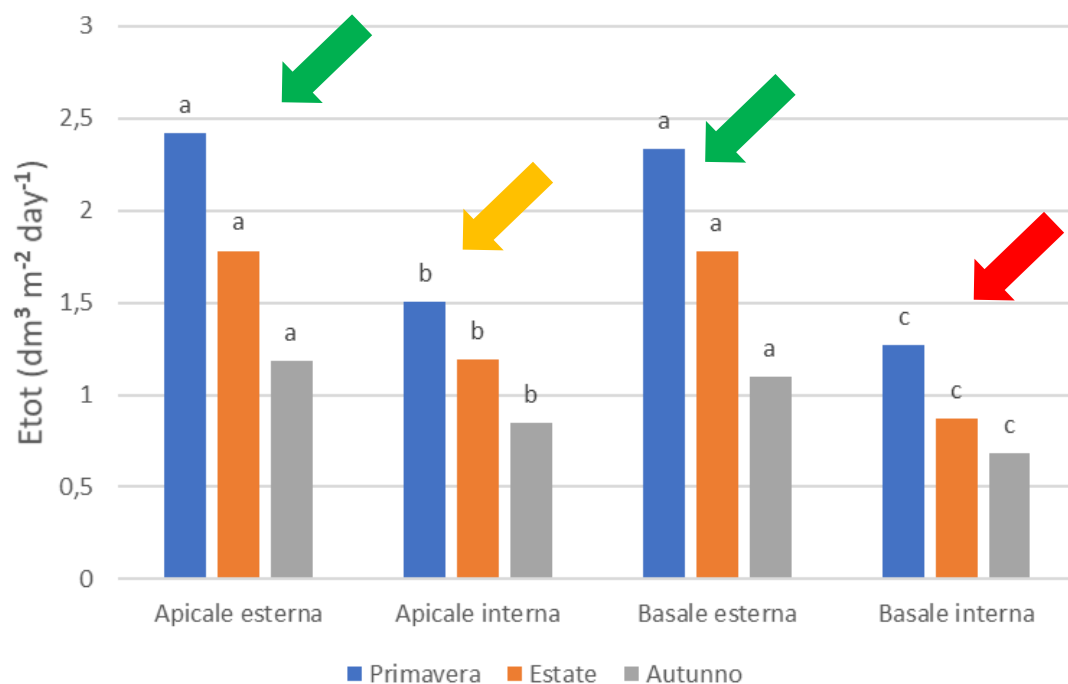
Autunno

Etot: specie x strata

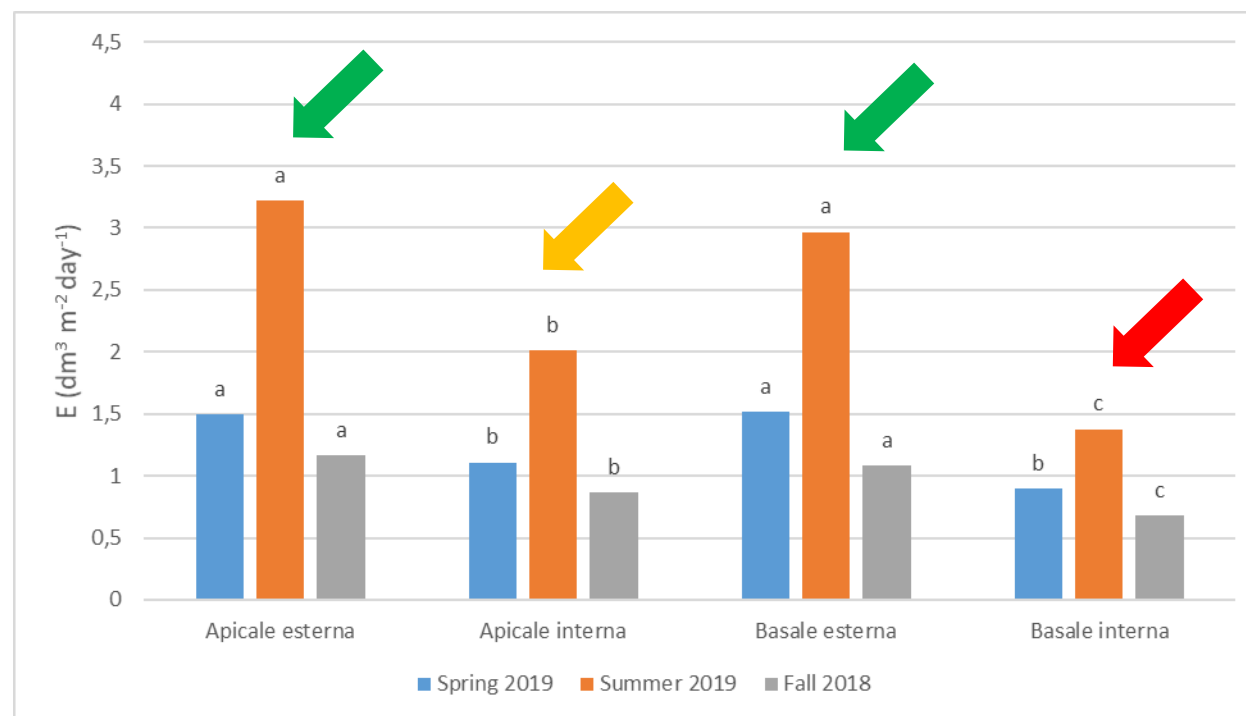


Traspirazione - effetto della posizione

Foglie esterne (completamente esposte al sole) traspirano di più rispetto a foglie interne (ombreggiate).



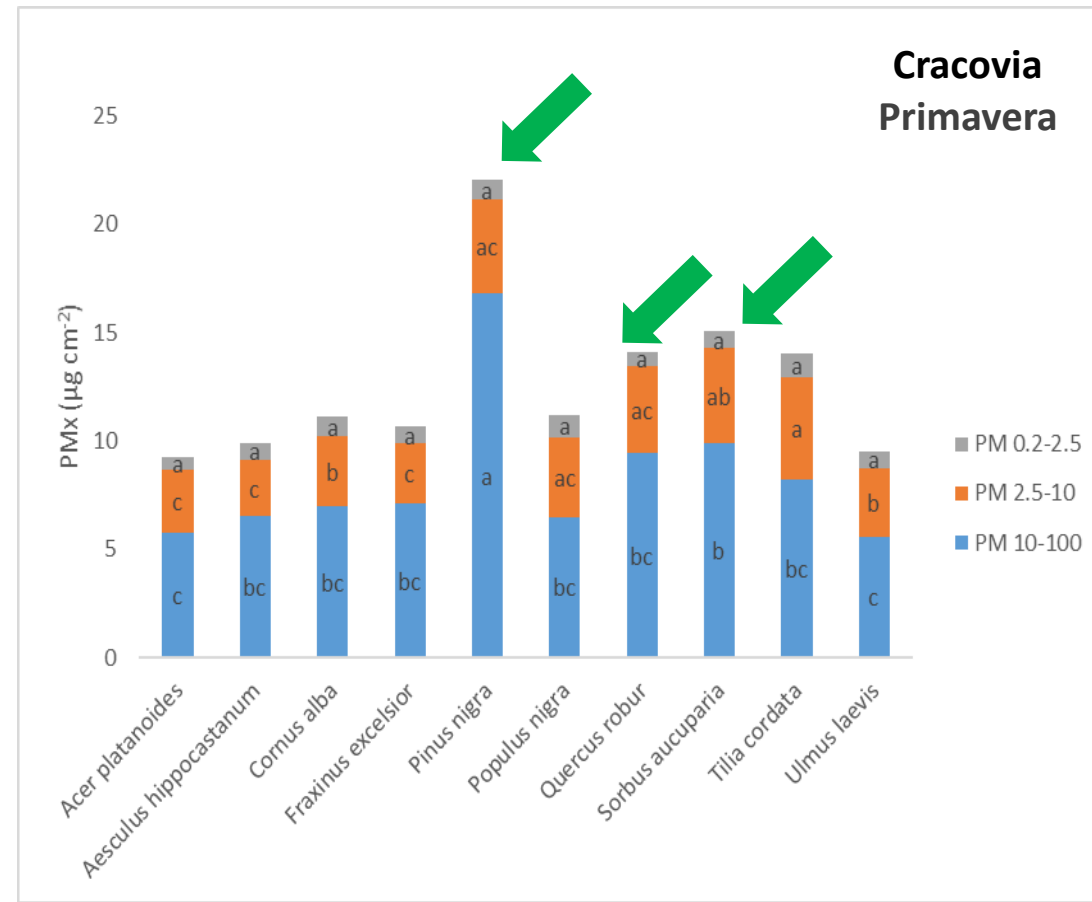
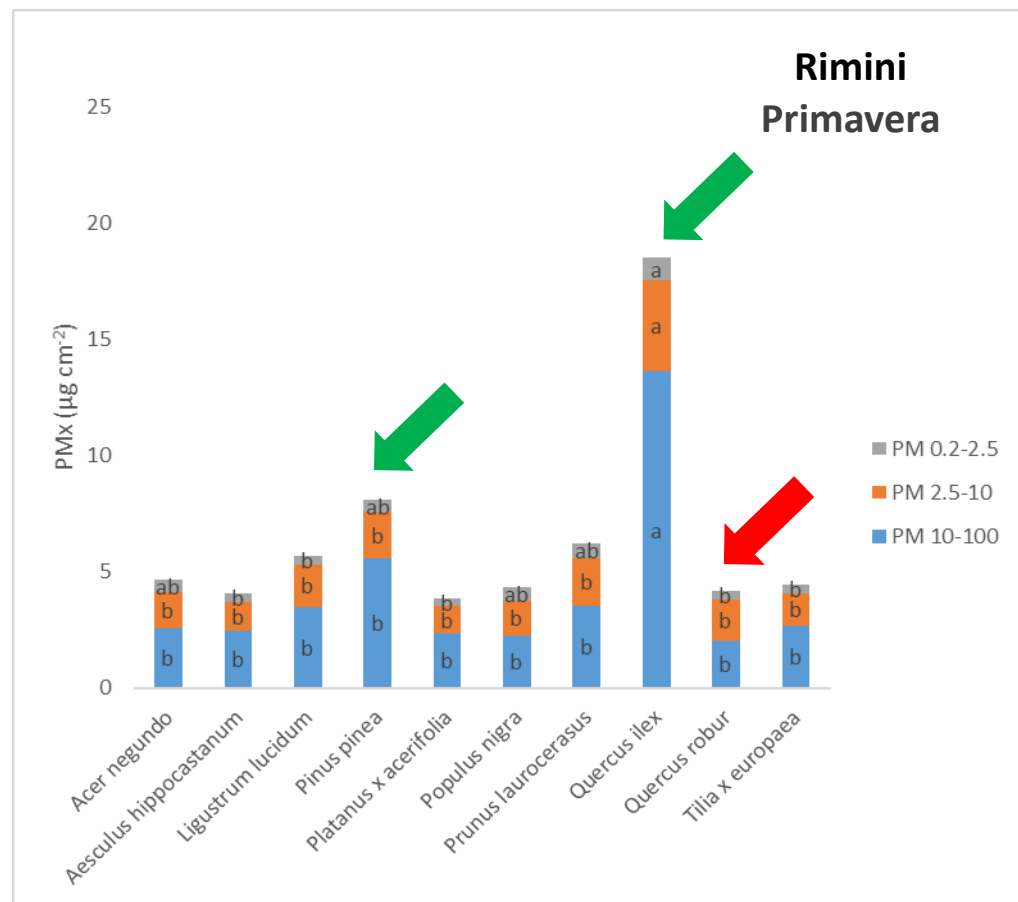
Cracovia



Rimini

Accumulo PM – effetto della specie

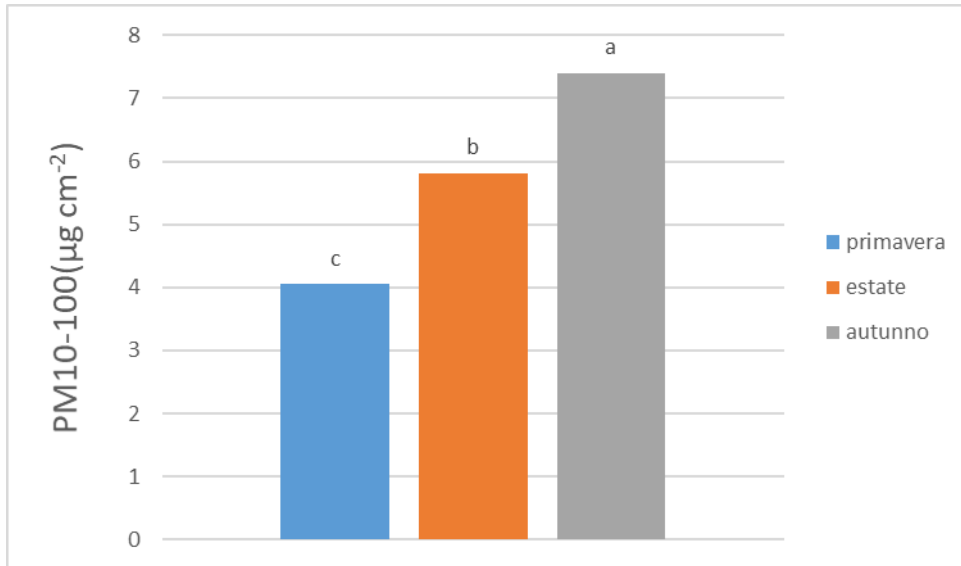
Specie sempreverdi o con foglie tomentose risultano più efficaci.
La concentrazione di inquinanti nell'aria influenza le performance delle specie.



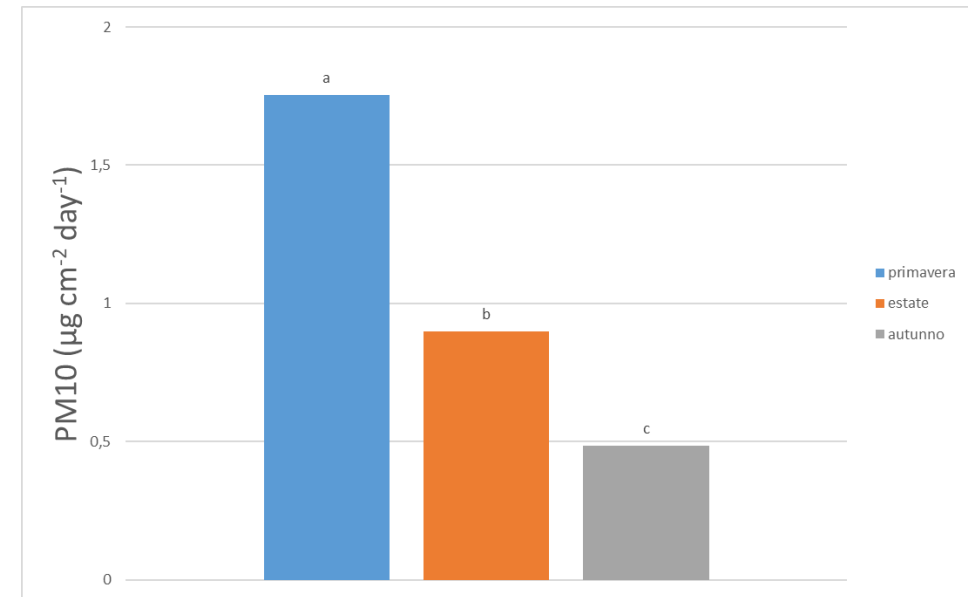
Accumulo e deposizione PM – effetto della stagione

Con l'avanzare della stagione vegetativa l'accumulo aumenta, tendendo a saturare le foglie.
In accordo, la deposizione diminuisce.

Rimini
Tutte le stagioni - accumulo

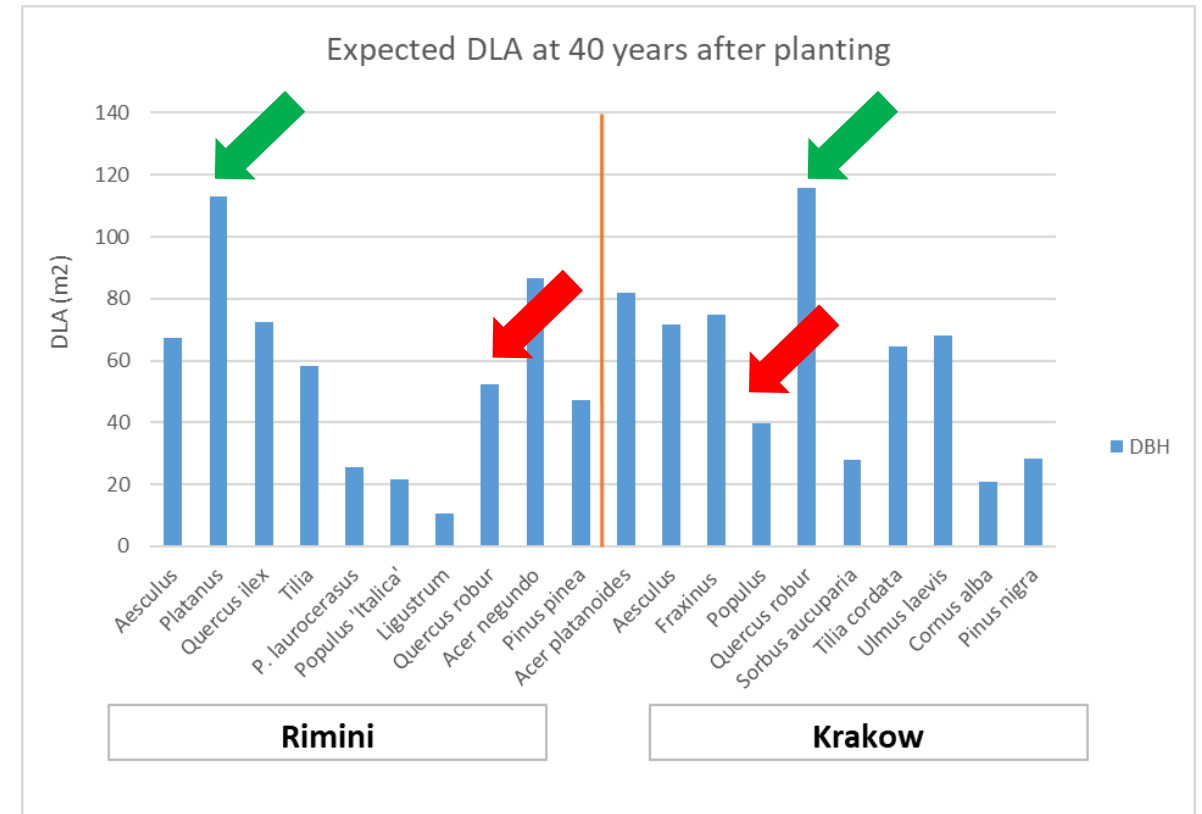
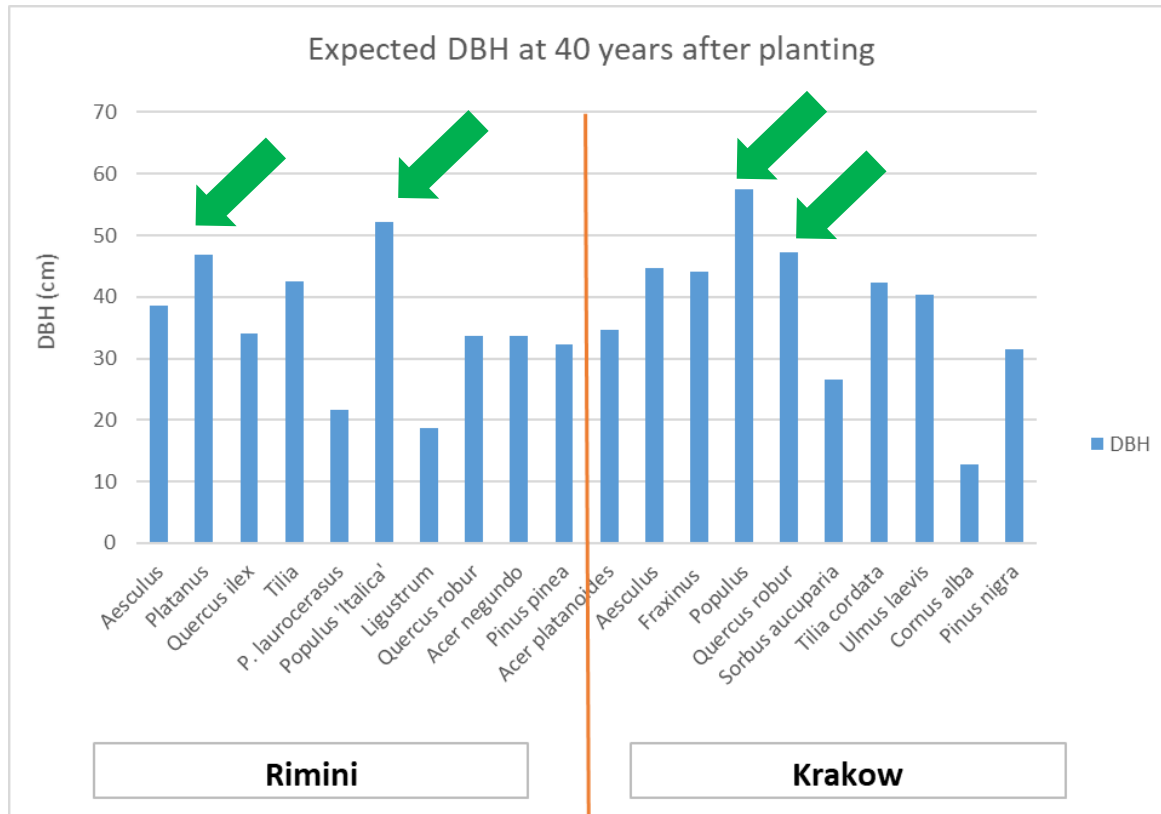


Rimini
Tutte le stagioni - deposizione



Crescita – relazioni allometriche

Il diametro del tronco (DBH) e l'area di proiezione della chioma (DLA) variano in funzione dell'età in modo specie-specifico.

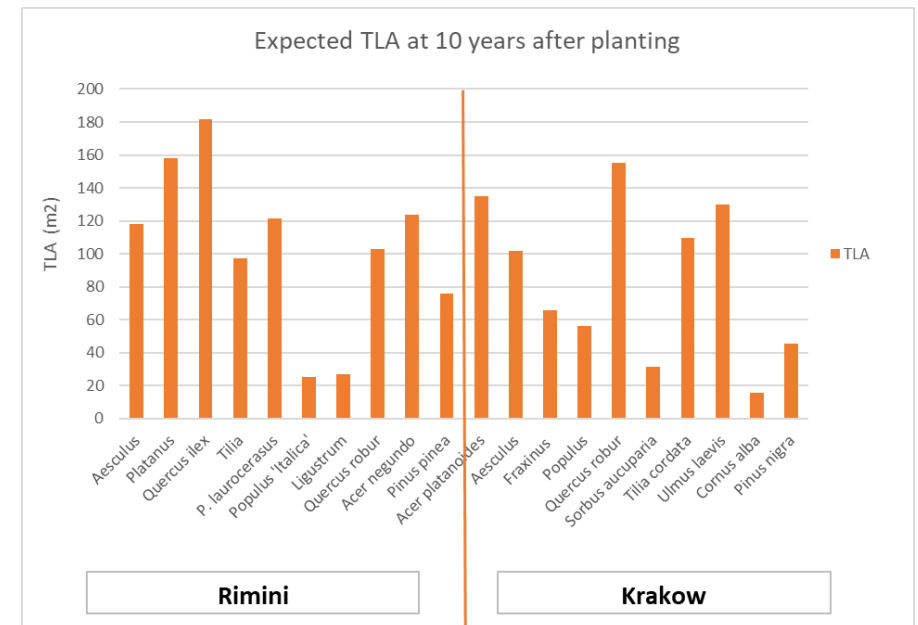


Crescita – relazioni allometriche

Anche l'area fogliare totale (TLA) variano in funzione dell'età in modo specie-specifico.

Species	Strata	Age	LAI
Acer negundo	park	mature	5,127
		young	3,390
	street	mature	6,192
Quercus robur	park	young	4,095
		mature	5,749
	street	mature	4,641
Aesculus hippocastanum	park	young	3,847
		mature	7,499
	street	young	6,360
Prunus laurocerasus	park	mature	5,174
		young	4,215
	street	mature	11,200
Quercus ilex	park	young	8,736
		mature	9,345
	street	young	7,290
Ligustrum lucidum	park	mature	6,678
		young	5,985
	street	mature	5,866
Pinus pinea	park	young	5,232
		mature	4,575
	street	young	4,753
Populus nigra	park	mature	4,376
		young	4,073
	street	mature	5,377
Platanus x acerifolia	park	young	4,682
		mature	4,110
	street	young	3,407
Tilia x europaea	park	mature	5,016
		young	4,463
	street	mature	4,308
Acer platanoides	park	young	3,830
		mature	6,390
	street	young	4,770
Aesculus hippocastanum	park	mature	5,125
		young	3,370
	street	mature	6,281
Cornus alba	park	young	5,418
		mature	5,617
	street	young	5,102

Species	Strata	Age	LAI
Acer platanoides	park	mature	5,985
		young	3,990
	street	mature	4,574
Aesculus hippocastanum	park	young	3,495
		mature	5,720
	street	mature	5,213
Cornus alba	park	young	3,930
		mature	4,220
	street	mature	8,140
Fraxinus excelsior	park	young	6,940
		mature	5,397
	street	mature	2,560
Populus nigra	park	young	4,460
		mature	4,050
	street	mature	3,815
Quercus robur	park	young	3,880
		mature	3,680
	street	young	3,745
Sorbus aucuparia	park	mature	5,433
		young	4,965
	street	mature	4,850
Tilia cordata	park	young	4,430
		mature	4,360
	street	young	2,095
Ulmus laevis	park	mature	3,860
		young	2,465
	street	mature	5,107
Pinus nigra	park	young	6,305
		mature	4,697
	street	young	3,880
Pinus nigra	park	mature	6,115
		young	4,670
	street	mature	4,715
Pinus nigra	park	young	3,600
		mature	3,948
	street	young	3,870
Pinus nigra	park	mature	3,191
		young	5,100
	street	young	5,100



Quanti benefici offre un Platano di 80 anni?



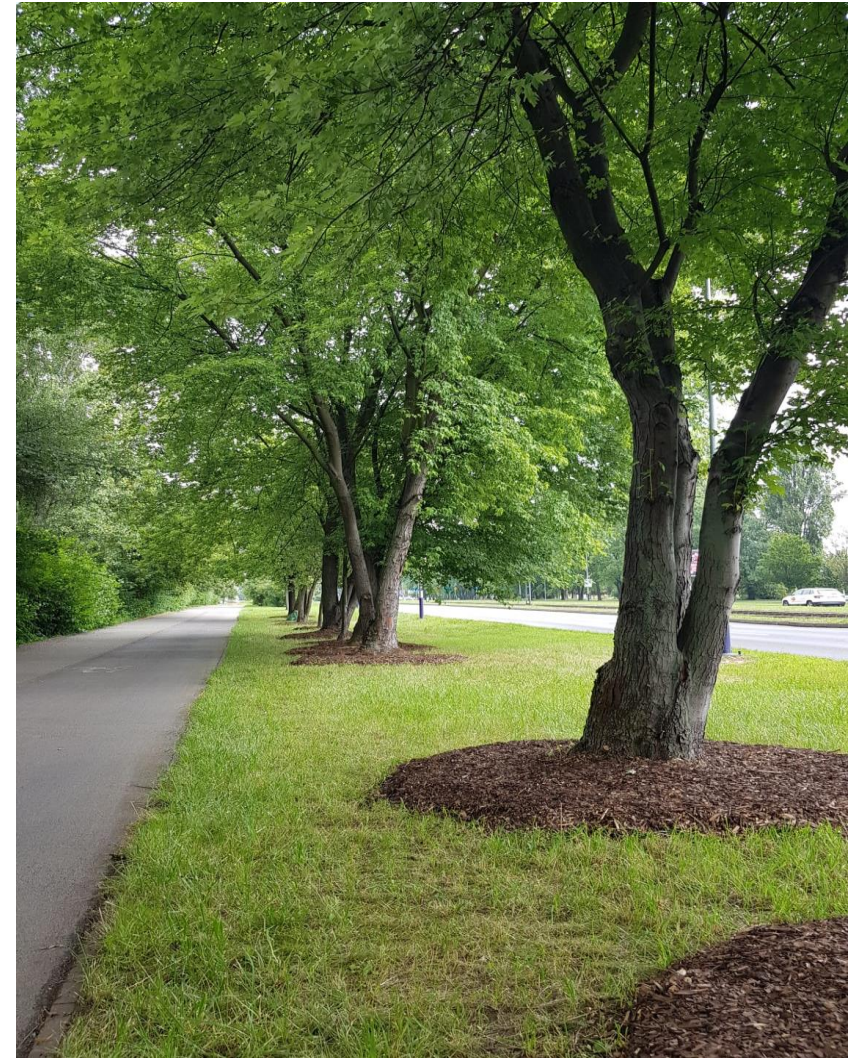
Quanti benefici con una gestione ottimizzata?

Gestione tradizionale

- Potatura tradizionale
- No pacciamatura
- Nessuna irrigazione

Gestione ottimizzata

- Potatura ottimizzata
- Si pacciamatura
- Irrigazione ottimizzata





Cenni bibliografici e sitografici

Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 (2018). <https://cices.eu/resources/>

Donovan, G. H., & Prestemon, J. P. (2012). The effect of trees on crime in Portland, Oregon. *Environment and behavior*, 44(1), 3-30.

Ferrini, F., & Fini, A. (2017). *Amico albero*. Edizioni ETS, Pisa.

Ferrini, F., Van den Bosch, C. C. K., & Fini, A. (Eds.). (2017). *Routledge handbook of urban forestry*. Taylor & Francis.

Largo-Wight, E., Guardino, C., Wludyka, P. S., Hall, K. W., Wight, J. T., & Merten, J. W. (2018). Nature contact at school: The impact of an outdoor classroom on children's well-being. *International journal of environmental health research*, 28(6), 653-666.

McPherson, E. G., Nowak, D., Heisler, G., Grimmond, S., Souch, C., Grant, R., & Rowntree, R. (1997). Quantifying urban forest structure, function, and value: the Chicago Urban Forest Climate Project. *Urban ecosystems*, 1(1), 49-61.

Mori, J., Fini, A., Galimberti, M., Ginepro, M., Burchi, G., Massa, D., & Ferrini, F. (2018). Air pollution deposition on a roadside vegetation barrier in a Mediterranean environment: Combined effect of evergreen shrub species and planting density. *Science of the total environment*, 643, 725-737.

Rötzer, T., Moser-Reischl, A., Rahman, M. A., Grote, R., Pauleit, S., & Pretzsch, H. (2020). Modelling Urban Tree Growth and Ecosystem Services: Review and Perspectives.

<https://www.lifeurbangreen.eu/it/>

<https://www.youtube.com/watch?v=FBfEkk31RMI>