

Inquinamento atmosferico e verde urbano

Il modello UFORE, un caso di studio

di ARMANDO BUFFONI
FRANCESCA SIENA

Il verde urbano può giocare un ruolo interessante nella mitigazione dell'inquinamento dell'aria delle città. Un'indagine pilota a Milano ne evidenzia alcune potenzialità e suggerisce la necessità di un'attenta progettazione e manutenzione.

La funzione di mitigazione dell'inquinamento atmosferico delle città da parte della vegetazione urbana è stata oggetto negli ultimi anni di approfondite indagini, rivolte in particolare allo studio e allo sviluppo di strumenti per una valutazione quantitativa dei meccanismi di intercettazione e incorporazione degli inquinanti atmosferici nei tessuti fogliari. I modelli che ne sono derivati consentono di evidenziare con maggiore chiarezza la dinamica di tali processi e di giungere a una valutazione della funzione del verde urbano quale strumento per il miglioramento della qualità dell'aria.

Nell'ambito di un'indagine più estesa è stato realizzato, su un'ampia area verde della città di Milano, i Giardini Pubblici di Porta Venezia, uno specifico studio mediante l'applicazione del modello UFORE (*Urban Forest Effects* - Box 1). Obiettivo principale di tale analisi è stata la stima del sequestro di alcuni dei principali inquinanti dell'aria (PM10, ozono, biossidi di zolfo e di azoto, monossido di carbonio) da parte delle specie arboree e arbustive presenti. Il modello utilizzato consente infatti di ricostruire con cadenza oraria i processi che interessano la rimozione degli inquinanti presenti in atmosfera da parte della vegetazione sulla base delle caratteristiche delle componenti arboree e arbustive. Ulteriori dati necessari al modello sono l'andamento delle principali grandezze meteorologiche e delle concentrazioni degli inquinanti di interesse.

I risultati prodotti permettono non solo di sviluppare alcu-

ne ipotesi sugli effetti che la vegetazione in ambito urbano può avere sulla qualità dell'aria, ma forniscono utili indicazioni sulle specie più adatte per la mitigazione dell'inquinamento atmosferico e sulla disposizione delle stesse.

RIMOZIONE INQUINANTI GASSOSI

L'inquinamento dell'aria rappresenta una delle più importanti problematiche ambientali dei grandi centri urbani. I livelli di concentrazione di alcuni inquinanti

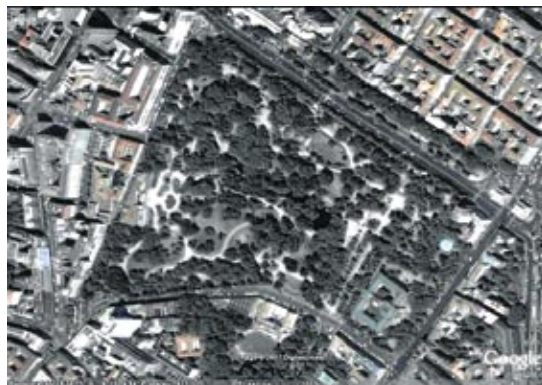


Foto 1 - Immagine satellitare dell'area dei Giardini di Porta Venezia (autorizzazione Google Earth del ??/5/2007 n. 145577427).

BOX 1 - IL MODELLO UFORE

Il modello UFORE (acronimo di Urban FOrEst Effects), sviluppato alla fine degli anni '90 dal Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti, consente di descrivere la struttura del verde urbano e stimare gli effetti della vegetazione sull'ambiente. Tale modello è strutturato in 5 diversi moduli:

U.FOR.E. A: Studio dell'**Anatomia** del verde urbano, ovvero quantificazione della vegetazione e della sua struttura.

U.FOR.E. B: Stima delle emissioni di composti organici volatili **Biogenici** (COV), precursori nella formazione di Ozono.

U.FOR.E. C: Stima del **Carbonio** immagazzinato e sequestrato dalle piante.

U.FOR.E. D: Stima delle **Deposizioni** secche dei principali inquinanti atmosferici (ozono, biossido di zolfo, biossido di azoto, monossido di carbonio e polveri sottili), ovvero della capacità di sequestro di questi ultimi dal parte del verde.

U.FOR.E. E: Stima dei benefici **Energetici**, ovvero degli effetti della presenza delle verde sulla temperatura all'interno degli edifici e sul risparmio energetico derivante.

Per lo studio svolto a Milano nel Parco di Porta Venezia sono utilizzati i moduli A, B e D.

superano in numerose città europee i valori massimi che la normativa vigente prescrive per la protezione della salute umana (EEA 2006) e in taluni casi la qualità dell'aria risulta non adeguata a garantire la preservazione del verde urbano.

Il risanamento della qualità dell'aria delle città, stante la complessità della problematica e dei rischi per la salute umana, deve tenere conto di tutti gli strumenti disponibili. Tra questi, **i meccanismi di rimozione degli inquinanti da parte del verde urbano non appaiono oggi adeguatamente riconosciuti e valorizzati**. Tra le diverse funzioni che vengono infatti attribuite al verde urbano - ricreazione, qualificazione estetica, ombreggiamento, regimazione delle acque, ecc. - la capacità di sottrarre inquinanti atmosferici all'aria ambiente da parte degli apparati fogliari è forse la meno nota ma può fornire un utile contributo nell'ambito di strategie integrate. L'efficacia nel rimuovere inquinanti dall'aria ambiente è stata oggetto, negli ultimi dieci anni, di approfonditi studi volti a definire una procedura per la sua quantificazione (SCOTT *et al.* 1998; NOWAK e CRANE 2000). Tra gli approcci che hanno incontrato un particolare favore vi è il modello UFORE (*Urban Forest Effects*) sviluppato dal Servizio Forestale del Dipartimento dell'Agricoltura statunitense (USDA-FS). Applicazioni di questo modello sono state sviluppate in oltre venti grandi città del Nord America (NOWAK *et al.* 2006) e recentemente analoghe indagini sono state condotte nella municipalità di Madrid (VILLELA LOZANO 2004) e a Hefei, in Cina (WU *et al.* 2006).

I maggiori effetti prodotti dal verde urbano sulla qualità dell'aria riguardano il particolato fine (PM₁₀), il biossido di azoto (NO₂), il biossido di zolfo (SO₂) e l'ozono (O₃). Rispetto a quest'ultimo la vegetazione può però contribuire alla sua formazione con l'emissione di composti organici volatili (COV).

La rimozione degli inquinanti dipende dalla concentrazione degli stessi in aria, dalla velocità di deposizione, dalle loro proprietà chimico fisiche e dalle caratteristiche delle superfici fogliari. Nello specifico, il particolato fine viene rimosso dall'atmosfera in prevalenza per deposizione su foglie e cortecce (PAOLETTI *et al.* 2004).

Nel presente lavoro si dà conto dei risultati di un'indagine svolta in un parco cittadino della città di Milano, indirizzata a valutare il ruolo della vegetazione urbana nella mitigazione dell'inquinamento atmosferico.

MATERIALI E METODI

L'area oggetto dello studio è costituita dai Giardini pubblici di Porta Venezia, situati all'interno del centro storico di Milano (Foto 1). Essi rappresentano una delle due aree verdi di maggiore rilevanza del centro cittadino e rivestono un'importante funzione ricreativa ed estetica in un contesto urbano di intensa edificazione. Milano infatti, con circa 1.3 milioni di abitanti e una superficie di poco inferiore ai 182 km², si caratterizza per un'elevata densità abitativa, importanti attività industriali e per la presenza di numerose arterie stradali e autostradali. L'80% del territorio comunale è quindi edificato o sede di infrastrutture (AMMA 2003).

All'elevata densità di attività umane corrispondono importanti emissioni annue dei principali inquinanti dell'aria che risultano sensibilmente più elevate di quelle medie del territorio provinciale (Tabella 1). Fa eccezione la sola ammoniaca (NH₃) legata quasi esclusivamente alle attività zootecniche.

I Giardini di Porta Venezia, realizzati tra il 1782 e il 1786, hanno attualmente un'estensione di circa 18 ettari, pari allo 0,1% della superficie totale di Milano. La superficie del parco è occupata per il 28,4% da specie arboree e per l'1,1% da arbusti. I dati relativi alla vegetazione derivano da rilievi condotti dal Comune di Milano, Settore Arredo Urbano e Verde, nel 2004 e da alcuni rilievi *ad hoc* effettuati nella primavera del 2007, allo scopo di integrare le informazioni mancanti sulle specie arboree e arbustive.

All'interno del parco, risultano attualmente presenti

	SO ₂ t	NO _x t	COV t	CH ₄ t	CO t	CO ₂ t	N ₂ O t	NH ₃ t	PM ₁₀ t	PTS t	PM _{2,5} t	Prec.O ₃ t
Emissioni comunali t/anno	2184	13122	37536	9622	39432	4879	462	315	1283	1422	1138	58018
Emissioni comunali t/anno* km²	12,0	72,1	206,2	52,9	216,7	26,8	2,5	1,7	7,0	7,8	6,3	318,8
Emissioni provinciali per km²	4,3	29,4	58,6	36,6	75,7	11,1	1,1	3,5	2,9	3,3	2,5	12,5

Tabella 1 - Emissioni dei principali inquinanti atmosferici nel Comune di Milano nel 2003: biossido di zolfo (SO₂), monossido di carbonio (CO), biossido di azoto (NO_x), composti organici volatili non metanici (COV), metano (CH₄), monossido di carbonio (CO), biossido di carbonio (CO₂), protossido di azoto (N₂O), ammoniaca (NH₃), polveri con diametro inferiore ai 10 μ (PM₁₀), polveri totali sospese (PTS), polveri con diametro inferiore ai 2,5 μ (PM_{2,5}) e i precursori dell'ozono - quest'ultima categoria comprende NO_x, COV, CH₄ e CO. (Fonte INventario Emissioni Aria, Regione Lombardia).

1750 individui arborei, alcuni dei quali raggiungono dimensioni decisamente ragguardevoli.

La valutazione della capacità della vegetazione di sottrarre inquinanti atmosferici all'aria ambiente è stata condotta mediante l'impiego del modello UFORE (NOWAK e CRANE 2000). Esso descrive i meccanismi d'intercettazione di gas e particolato in funzione della velocità di deposizione (LOVETT 1994), specifica per i diversi composti considerati, dell'estensione e caratteristiche degli apparati fogliari e dei fenomeni resistivi a livello della chioma, del mesofillo e degli stomi (BALDOCCHI *et al.* 1987; BALDOCCHI 1988). Il comportamento di ogni singolo albero viene quindi descritto in relazione all'andamento meteorologico, che influenza l'apertura degli stomi, e alle concentrazioni degli inquinanti nell'aria ambiente. La risoluzione temporale dei meccanismi e processi descritti dal modello è oraria. Il modello consente inoltre la quantificazione delle emissioni di precursori dell'ozono (isoprene, monoterpeni e altri COV) il cui tasso di rilascio in atmosfera è determinato dalla specie vegetale e dalla biomassa fogliare. Esso viene modulato sulla base dell'andamento orario della temperatura dell'aria e della radiazione solare incidente (GUENTHER 1997). L'ozono prodotto con il contributo delle emissioni di COV da parte della vegetazione viene quindi sottratto a quello intercettato.

RISULTATI

I dati di qualità dell'aria forniti dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia (ARPA) si riferiscono a misure condotte a breve distanza dall'area di indagine ed evidenziano elevati livelli di concentrazione di PM₁₀, NO₂ e O₃. Il superamento dei limiti imposti dalla normativa vigente è frequente. Una sintesi delle caratteristiche dell'aria ambiente è riportata nella Tabella 2.

Delle 84 specie presenti, le dieci più rappresentate sono l'ippocastano (*Aesculus hippocastanum* L.), il tiglio (*Tilia cordata* Mill.), la magnolia (*Magnolia grandiflora* L.), il tasso (*Taxus baccata* L.), la farnia (*Quercus robur* L.), l'acero riccio (*Acer platanoides* L.), l'agrifoglio (*Ilex aquifolium* L.), l'ontano nero (*Alnus glutinosa* L.), la sofora giapponese (*Sophora japonica* L.) e il bagolaro (*Celtis australis* L.). Circa il 15% degli individui è rappresentato

Inquinante	NO ₂ µg/m ³	SO ₂ µg/m ³	O ₃ µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³
Media annua	60.1	9.9	33.1	50.9
Media stagione vegetativa	49.2	3.6	54.7	34.2
Massimo	304.0	96.0	197.0	217.0
95° percentile	109.0	34.0	100.0	117.6
98° percentile	125.0	47.0	118.0	144.0

Tabella 2 - Quadro di sintesi della qualità dell'aria rilevata dall'ARPA Lombardia in prossimità dei Giardini di Porta Venezia.

da conifere e il 20% da specie sempreverdi. Un quadro sintetico delle caratteristiche della componente arborea è riportato nella Tabella 3.

Un primo **modulo** del modello (**UFORE-A**) consente di stimare la superficie e la biomassa fogliare in relazione al diametro del fusto, all'altezza e alla proiezione delle chiome. Sulla base dei dati relativi al censimento della vegetazione arborea, integrati da rilievi *ad hoc* su quella arbustiva, sono state calcolate la superficie e la biomassa fogliare delle specie presenti.

Una sintesi dei valori relativi alle specie maggiormente rappresentate è riportata nella Tabella 4. L'elevato valore di area basimetrica attribuito alla categoria "altre specie" è dovuto ad alcuni esemplari monumentali di platano, cedro e metasequoia. Nel parco di Porta Venezia, le specie con i valori più elevati di area fogliare media sono bagolaro e tiglio. A ciò si accompagna una maggiore capacità di intercettare inquinanti atmosferici e sottrarli all'aria ambiente: tale capacità risulta infatti correlata linearmente con la superficie fogliare. Il Grafico 1 riporta questa relazione per il PM₁₀ e l'NO₂ relativamente alle quattro specie arboree più diffuse nell'area a parco.

Il fenomeno di rimozione di inquinanti atmosferici operata dalla vegetazione arborea e arbustiva presente nei giardini di Porta Venezia è determinato con il **modulo UFORE-D** riguarda prevalentemente il PM₁₀, con quasi 350 Kg/anno (18Kg/ha), l'NO₂ e l'O₃ (Tabella 5). Meno importanti sono i quantitativi relativi all'SO₂ e trascurabili quelli di CO, la cui rimozione non coinvolge direttamen-

Specie	% popolazione	Area basimetrica m ² /ha	Altezza media m	Diametro medio fusto cm	Diametro medio chioma m	Proiezione media chioma m ²
Ippocastano	17.6	2.8	11.5	42.9	6.8	39.2
Tiglio	13.9	2.2	13.9	43.6	7.2	44.6
Magnolia	6.7	0.9	9.2	38.8	4.7	25.5
Tasso	5.9	0.6	6.9	34.1	6.2	21.7
Farnia	3.9	0.7	11.7	40.3	6.8	42.7
Acero riccio	3.8	0.4	9.8	33.4	6.4	35.6
Agrifoglio	3.8	0.1	4.5	15.2	3.2	11.6
Sofora	2.9	0.8	13.8	55.6	8.6	66.8
Ontano nero	2.8	0.4	10.2	40.2	6.3	34.5
Bagolaro	2.8	0.7	12.8	51.2	8.2	63.2
Altre specie	35.9	6.7	10.2	40.4	6.1	35.8

Tabella 3 - Caratteristiche principali delle specie più rappresentate nel Parco di Porta Venezia.

Specie	Individui	Area fogliare media	Biomassa fogliare media	LAI media
	n.	m ²	kg	m ² /m ²
Ippocastano	308	197,8	13,8	5,0
Tiglio	244	218,2	16,3	4,9
Magnolia	117	87,1	11,8	3,3
Tasso	104	128,9	14,2	5,4
Farnia	68	132,6	8,8	3,0
Acero riccio	67	162,2	8,8	4,5
Agrifoglio	67	37,2	5,0	2,7
Sofora giapponese	50	182,8	20,8	2,6
Ontano nero	49	115,3	8,4	3,3
Bagolaro	49	367,8	21,7	5,4
Altre specie	629	158,6	14,7	4,2
Media		167,1	13,9	4,3

Tabella 4 - Valori di area fogliare, biomassa foglia e Leaf Area Index calcolati per le specie presenti nell'area di studio.

	CO g	O ₃ g	NO ₂ g	PM ₁₀ g	SO ₂ g
Ippocastano	0,0	71,0	61,8	225,4	10,5
Tiglio	0,0	83,8	73,1	250,6	12,4
Magnolia	0,0	60,3	52,6	111,1	8,9
Tasso	0,0	70,1	63,7	141,4	10,8
Farnia	0,0	45,3	39,5	175,0	6,7
Acero riccio	0,0	44,9	39,2	189,9	6,7
Agrifoglio	0,0	25,5	22,2	48,5	3,8
Altre specie	0,0	71,0	70,0	202,9	11,5

Tabella 5 - Sequestro medio annuo di inquinanti atmosferici per individuo da parte delle specie più rappresentate (n>50) nei Giardini di Porta Venezia, Milano.

	CO	O ₃	NO ₂	PM ₁₀	SO ₂
Totale annuo in kg	0,02	119,5	109,1	343,6	18,5
Aprile settembre %	100	90,1	89,5	79,8	80,5
Ottobre - marzo %	0	9,9	10,5	20,2	19,5

Tabella 6 - Sequestro annuo totale e stagionale di inquinanti atmosferici da parte della vegetazione arborea e arbustiva dei Giardini di Porta Venezia, Milano.

	Isoprene g	Monoterpeni g	Altri COV g	Totale g
Ippocastano	0,66	64,33	70,33	135,32
Tiglio	0,00	0,00	83,11	83,11
Magnolia	0,57	112,95	65,87	179,39
Tasso	0,66	65,77	76,71	143,14
Farnia	295,0	5,13	44,91	345,08
Acero riccio	0,42	40,72	44,53	85,67
Agrifoglio	0,66	64,33	70,33	135,32
Altre specie	0,00	0,00	83,11	83,11

Tabella 7 - Emissioni medie annue di composti organici volatili precursori dell'ozono da parte delle specie più rappresentate (n>50) nei Giardini di Porta Venezia, Milano.

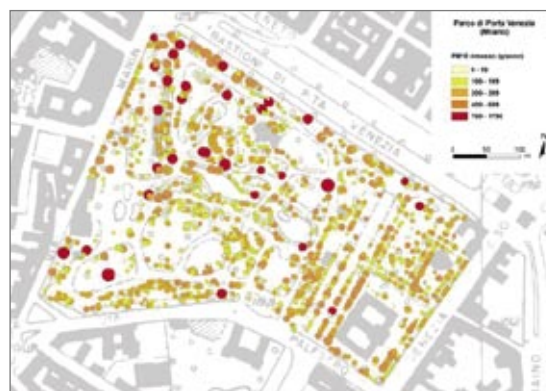


Figura 1 - Sequestro di PM₁₀ da parte delle specie arboree e arbustive presenti nell'area di studio.

te la porzione aerea della vegetazione. Per il PM₁₀, un inquinante con rilevanti potenziali effetti sulla salute umana, le emissioni comunali medie ammontano a 70 Kg/ha. Il quantitativo sottratto dalla vegetazione all'aria ambiente è pari quindi al 25% delle emissioni medie di un'area urbana di Milano di pari superficie.

Tra le specie presenti, quelle con il maggiore potenziale di sequestro di inquinanti risultano essere il tiglio e l'ippocastano (Tabella 5), rappresentate nel parco da individui di buone dimensioni (diametro medio di circa 40 cm), ma certo non eccezionali. Anche la magnolia e il tasso, specie sempreverdi, agiscono positivamente sulla qualità dell'aria sottraendo prevalentemente i composti gassosi, ma denotano tassi di sequestro di PM₁₀ inferiori alle più efficienti specie decidue.

L'indagine mette inoltre in luce, come atteso, che gli individui con i valori di rimozione più elevati sono quelli che presentano chiome ben sviluppate (Figura 1) e che non sono soggetti a un'eccessiva concorrenza e quindi a ombreggiamento da parte di quelli più vicini. In tal modo l'inserzione della chioma si mantiene ad altezze modeste con un notevole sviluppo della superficie fogliare.

Il sequestro di inquinanti avviene in maggior misura nel periodo primaverile ed estivo in relazione alla presenza di foglie sulle specie decidue (Tabella 6). Nel corso dell'autunno e dell'inverno esso si riduce sensibilmente ma è comunque presente per il 10-20% del totale annuo grazie alla quota di specie a foglia perenne e, in modesta misura, anche alle superfici dei fusti e dei rami.

Le concentrazioni di ozono sono tipicamente più elevate nel periodo estivo, mentre per gli altri composti i valori più alti si osservano in genere in inverno. E' evidente che una maggiore quota di specie sempreverdi consentirebbe di contenere maggiormente i valori di NO₂ e PM₁₀ nel corso della stagione fredda.

L'emissione di precursori di ozono rappresenta un ulteriore importante elemento di valutazione. Essa avviene per tutte le specie in modo più rilevante nei giorni caldi e con forte irraggiamento solare e viene modellizzata con il **modulo UFORE-B**. La farnia, presente con quasi 70 individui, rappresenta nel parco un'importante fonte di isoprene, uno dei composti più reattivi tra i COV (Tabella 7) precursori dell'ozono. Considerando i valori di emissione totale di

COV le specie che presentano le emissioni più contenute sono il tiglio e l'acero. Va precisato che la quantità e il tipo di COV emessi dipendono dalla biomassa fogliare, ma ancor più fortemente dalla specie considerata.

CONCLUSIONI

L'indagine relativa al sequestro di inquinanti atmosferici da parte della vegetazione arbustiva e arborea di un parco urbano, seppur limitata per la superficie a verde considerata, evidenzia l'interessante ruolo che la copertura vegetale svolge rispetto alla qualità dell'aria. A fronte di una copertura arborea prossima al 30% del territorio, **il modello evidenzia per l'area in esame un sequestro annuo pari a un quarto delle emissioni medie di una pari superficie del territorio comunale.** Il dato assume quindi un particolare significato tenuto conto che la città di Milano ha un territorio per larghissima parte edificato.

Da queste informazioni è inoltre possibile cogliere le potenzialità che un modello come quello adottato può avere in fase di progettazione di nuove aree verdi per stimarne preventivamente l'efficacia per quanto attiene la mitigazione dell'inquinamento atmosferico.

L'indagine evidenzia inoltre come sia importante una manutenzione attenta e regolare del verde urbano per esaltarne anche la funzione di mitigazione dell'inquinamento dell'aria. Tale funzione viene infatti assolta con maggiore efficacia dagli alberi e dagli arbusti nelle migliori condizioni vegetative. Anche la disponibilità idrica assume una forte rilevanza durante le giornate più calde in quanto la regolazione degli stomi per contenere la traspirazione implica un conseguente effetto sulla capacità di sequestro di inquinanti (TINGEY e HOGSETT 1985). Da ultimo va ancora ricordato che l'azione del verde urbano può essere sensibilmente compromessa dallo stesso inquinamento dell'aria qualora i valori di concentrazione degli inquinanti fitotossici risultino, come nel caso indagato, eccedere le soglie indicate dalla normativa per la stessa protezione della vegetazione.

In definitiva, quindi, l'aumento della superficie a verde può rappresentare uno strumento sicuramente non sufficiente, ma quantomeno utile e dalle interessanti potenzialità, da affiancare alle più classiche strategie impiegate dalle pubbliche amministrazioni per il miglioramento della qualità dell'aria.

Bibliografia

AMMA (Agenzia Milanese Mobilità e Ambiente), 2003 - **Relazione sullo stato dell'ambiente.** www.ama-mi.it

BALDOCCHI D. D., 1988 - **A multi-layer model for estimating sulfur dioxide deposition to a deciduous oak forest canopy.** Atmospheric Environment. 22: 869-884.

BALDOCCHI D. D., HICKS B.B., CAMARA P., 1987 - **A canopy stomatal resistance model for gaseous deposition to vegetated surfaces.** Atmospheric Environment. 21: 91-101.

EEA (European Environmental Agency), 2006 - **Air pollution at street level in European cities.** EEA Technical Report n.1/2006, Copenhagen, 2006, pp. 48.

GUENTHER A., 1997 - **Seasonal and spatial variation in**

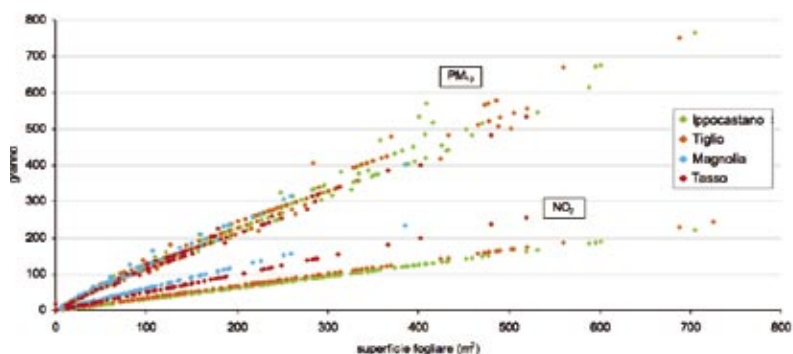


Grafico 1 - Relazione tra biomassa fogliare e sequestro di NO₂ e PM₁₀ per alcune delle specie più rappresentate nell'area di studio.

natural volatile organic compound emissions. Ecological Applications. 7: 34-45.

LOVETT, G.M., 1994 - **Atmospheric deposition of nutrients and pollutants in North America: an ecological perspective.** Ecological Applications 4: 629-650.

NOWAK D.J., CRANE D.E., 2000 - **The urban forest effects (UFORE) model: quantifying urban forest structure and functions.** Hansen, Mark; Burk, Thomas, eds. In: Integrated tools for natural resources inventories in the 21st century: proceedings of the IUFRO conference; 1998 August 16-20; Boise, ID. Gen. Tech. Rep. NC-212. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station: 714-720.

NOWAK D.J., CRANE D.E., STEVENS, J.C., 2006 - **Air pollutant removal by urban trees and shrubs in the United States.** Urban Forestry & Urban Greening 4: 115-123.

Paoletti E., Karnosky D.F., Percy K.E., 2004 - **Urban trees and air pollution.** IN: Forestry Serving Urbanised Societies (Konijnendijk C.C., Schipperijn J., Hoyer K.K., Eds) IUFRO World Series Vol. 14: 129-154.

SCOTT K.I., MC OPPERSON E.G., SIMPSON J.R., 1998 - **Air pollutant uptake by Sacramento's Urban forest.** J. of Arboriculture 24: 224-234.

TINGEY D., HOGSETT W., 1985 - **Water Stress reduces Ozone Injury via a Stomatal Mechanism.** Plant Physiol, 77: 944-947.

VILELA LOZANO J., 2004 - **Distribución del arbolado urbano en la ciudad de Fuenlabrada y su contribución a la calidad del aire.** Ciudad y territorio - Estudios Territoriales 140: 419-427.

WU Z., WU W., GAO J., ZHANG S., 2002 - **Analysis of urban forest landscape pattern in Hefei.** The Journal of Applied Ecology 12: 2117 - 2122.

INFO . ARTICOLO

Autori: Armando Buffoni, ...
E-Mail armando.buffoni@ambienteitalia.it
Francesca Siena, ...
E-Mail francesca.siena@ambienteitalia.it

Parole Chiave: verde urbano, inquinamento, UFORE.

Abstract: ...