

## Focus 6 BENESSERE AMBIENTALE, INQUINAMENTI E CONCETTO DI COMFORT INDOOR/OUTDOOR

 POLITECNICO DI MILANO

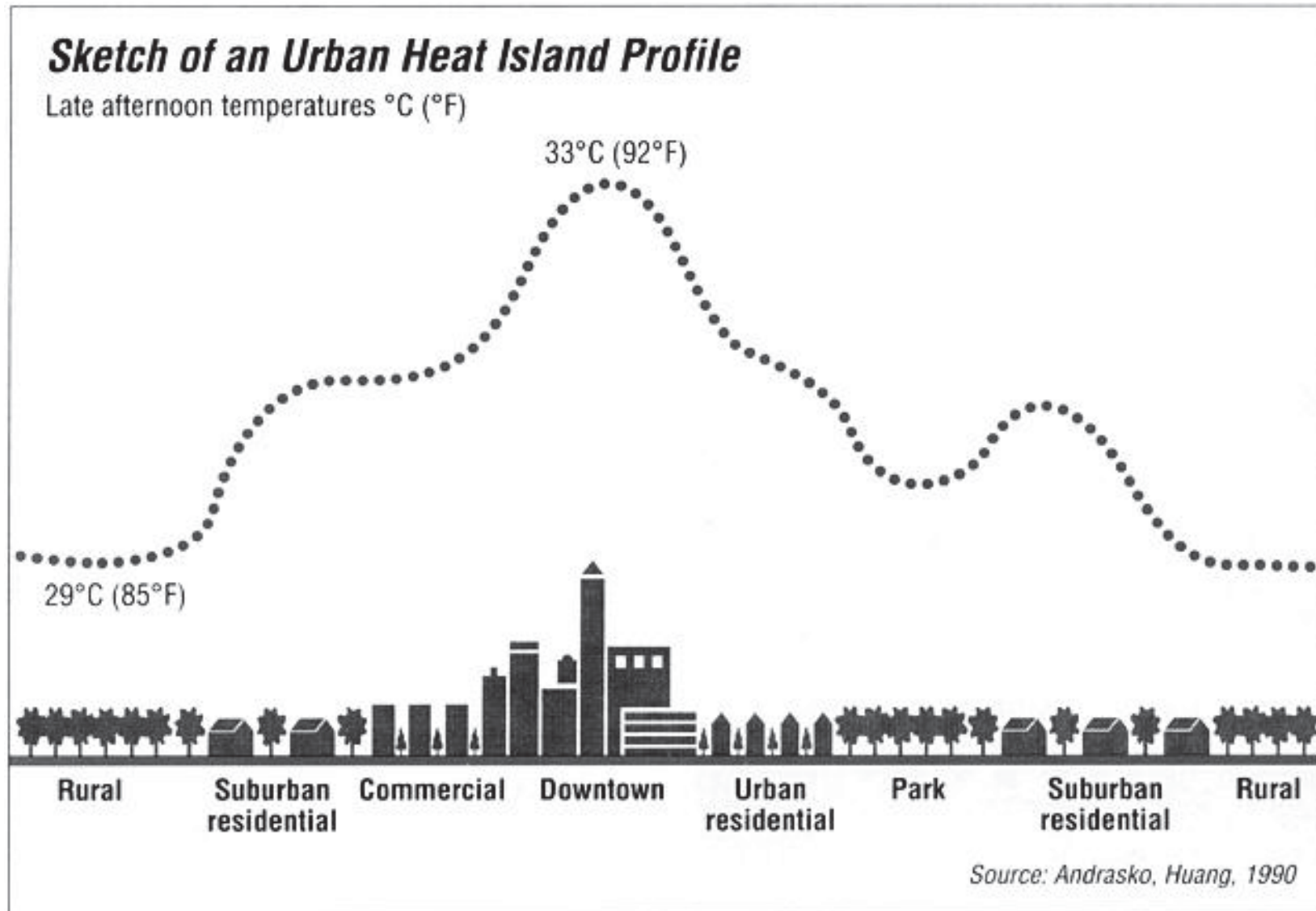


**Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico**

Valentina Dessì

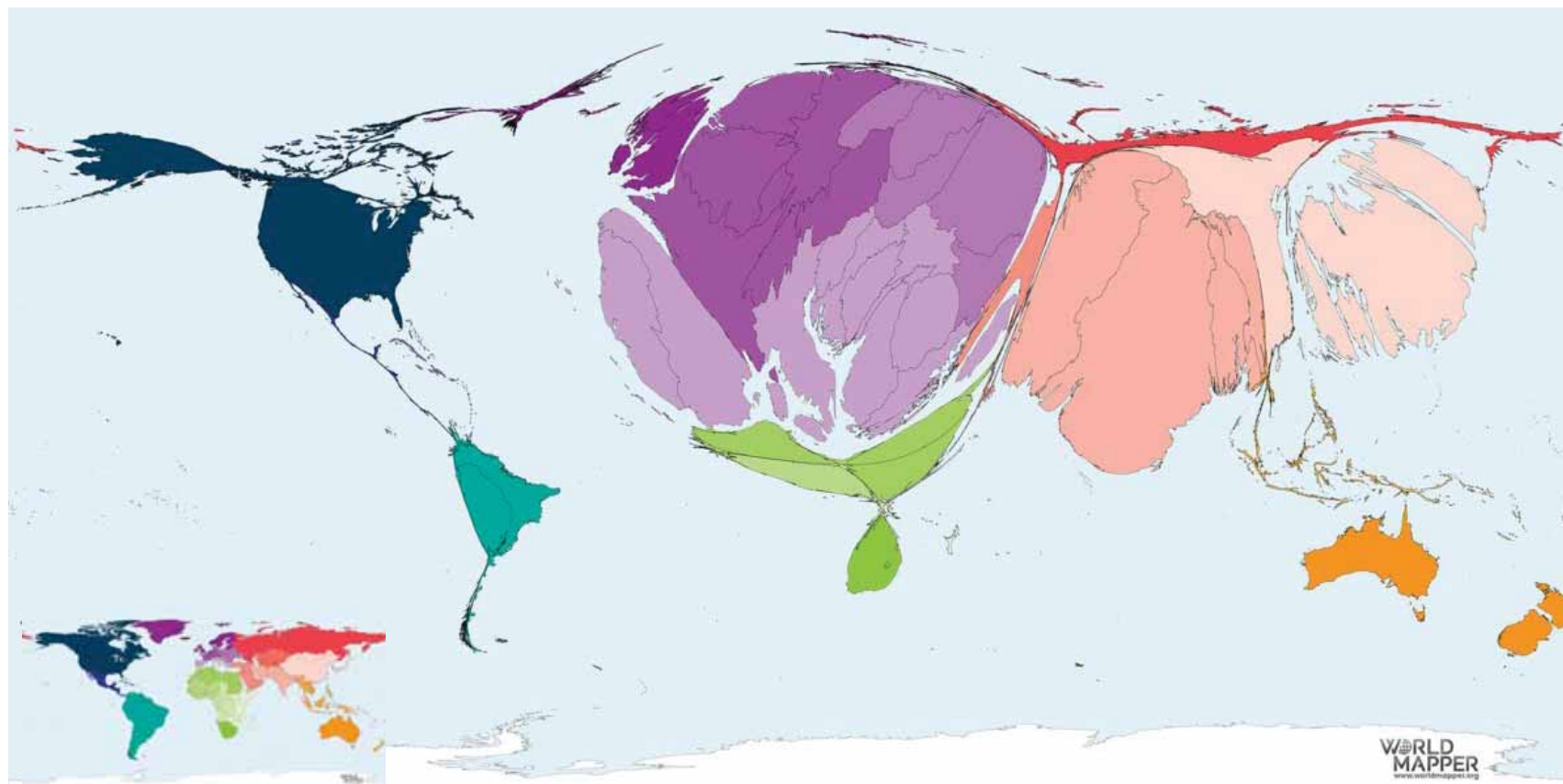


## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico





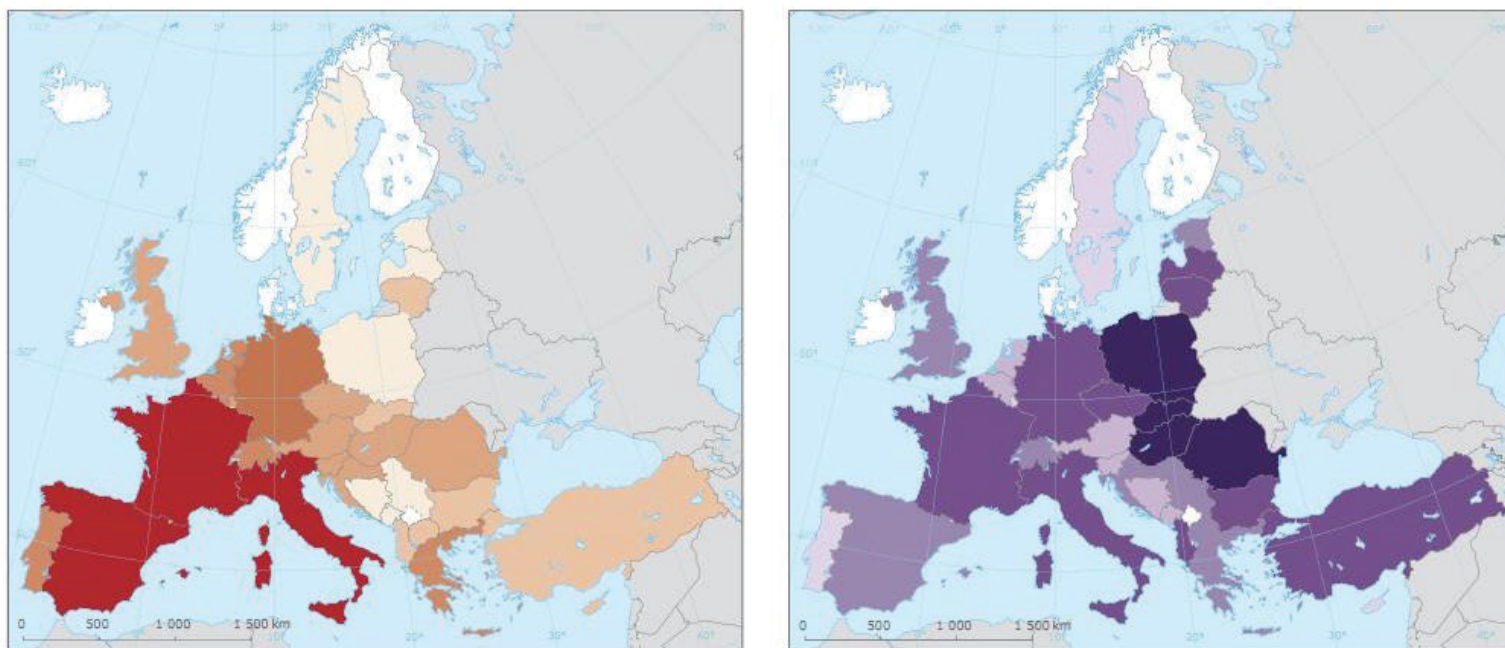
## ONDATE DI CALORE TRA IL 2001 E IL 2017





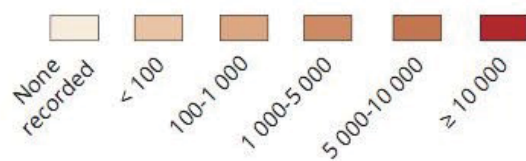
## Riduzione dell'effetto “Isola Di Calore Estiva” e dell'inquinamento atmosferico

Number of fatalities due to extreme temperatures in European countries (1990-2016)

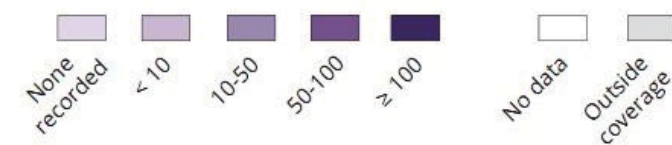


Number of fatalities due to extreme temperatures in European countries (1990-2016)

High temperatures



Low temperatures







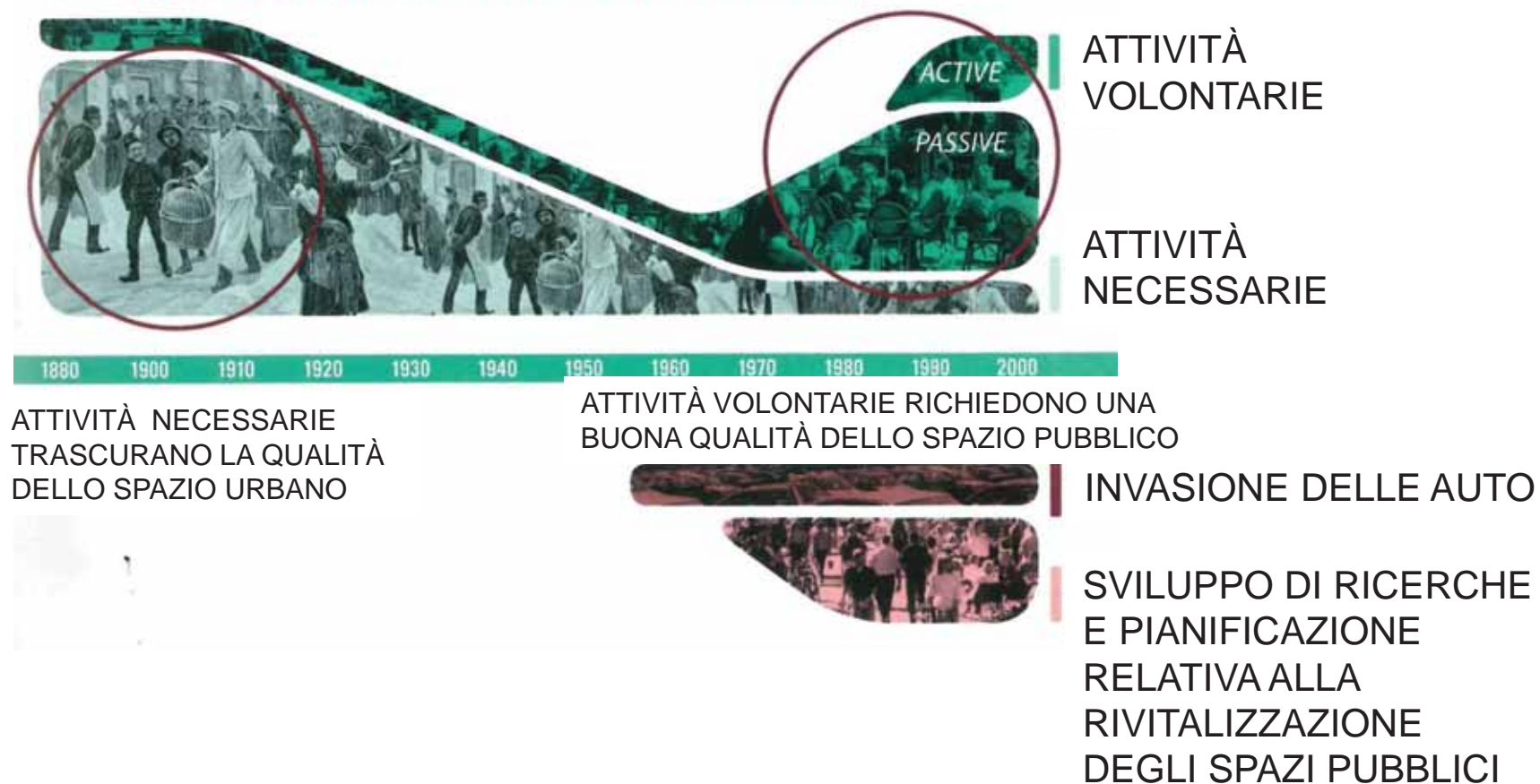
***È nello spazio pubblico che trovano (o non trovano) soddisfazione bisogni connessi allo stare bene, individuale e collettivo: la socialità, la condivisione, la mobilità, lo svago, il radicamento nei luoghi e la loro significazione, l'espressione di sé ... (P. Bellaviti)***





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

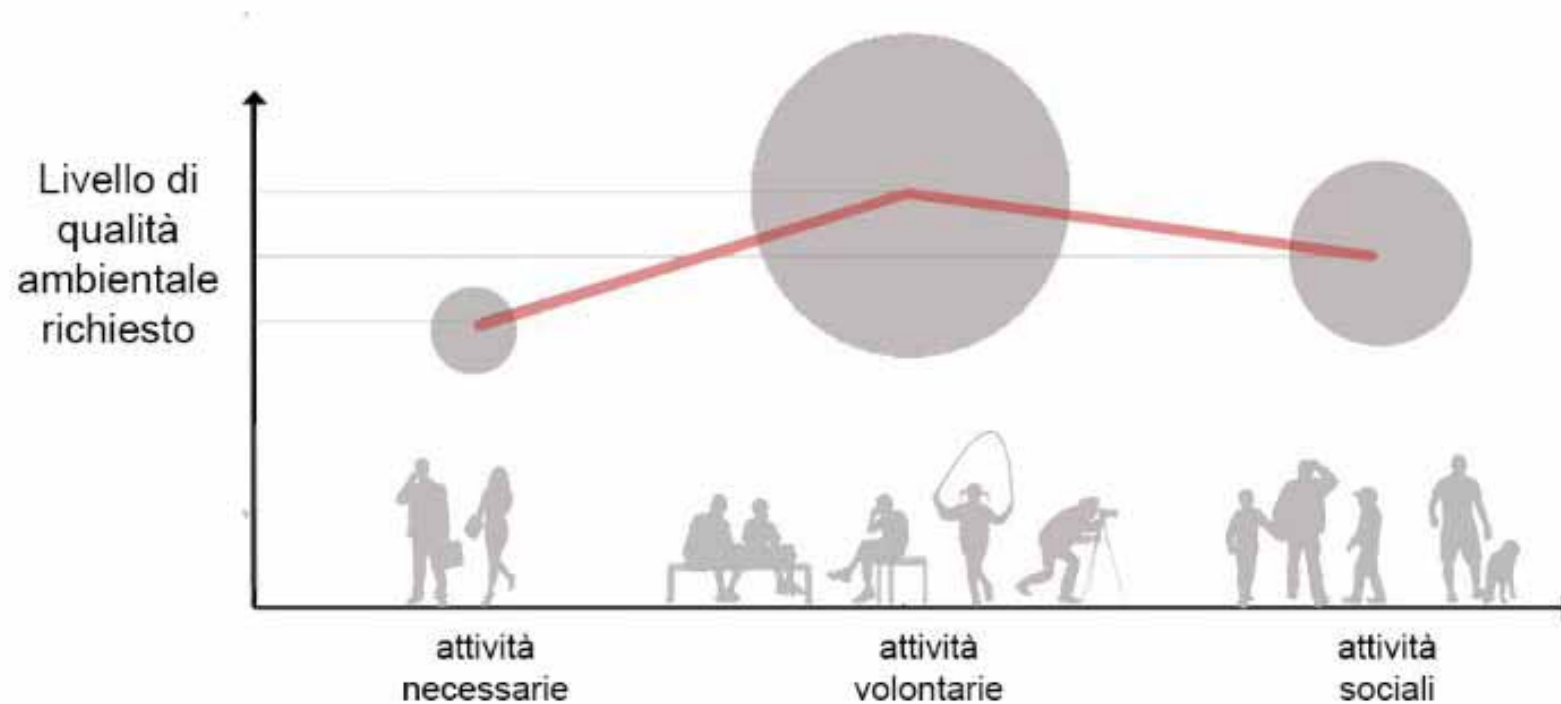
### Development of public life from 1880 to 2005







## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico



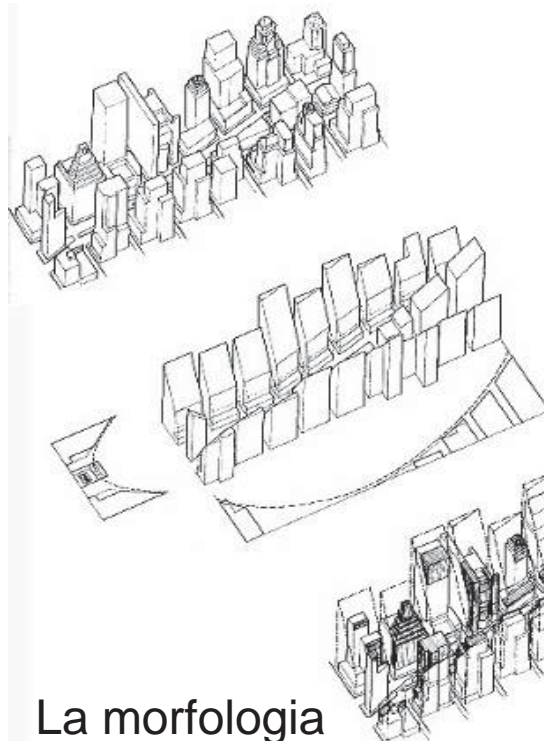
Rielaborato da Jan Gehl, Life between buildings, 1980



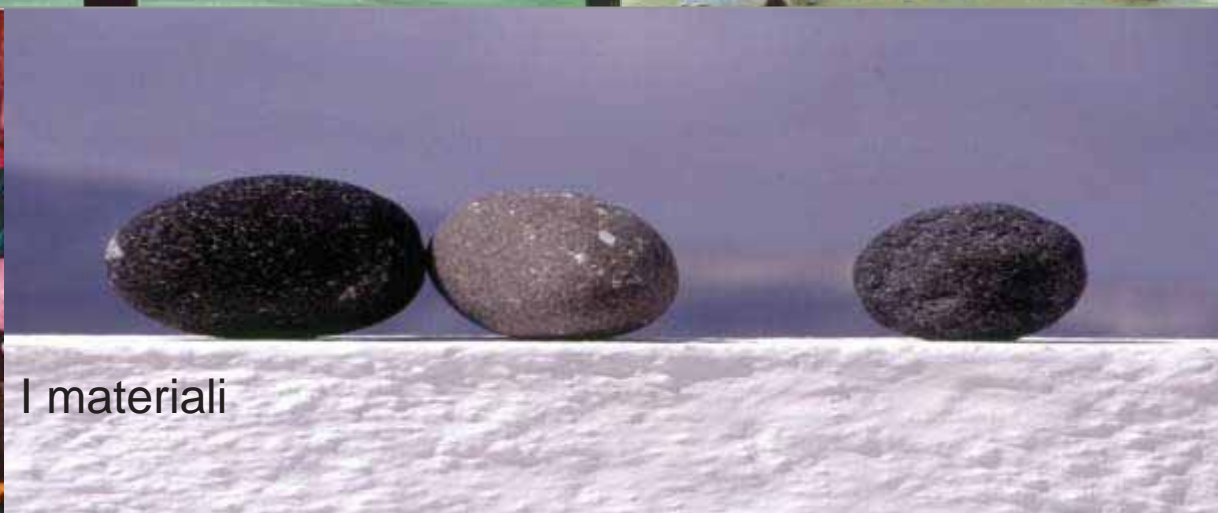




## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico



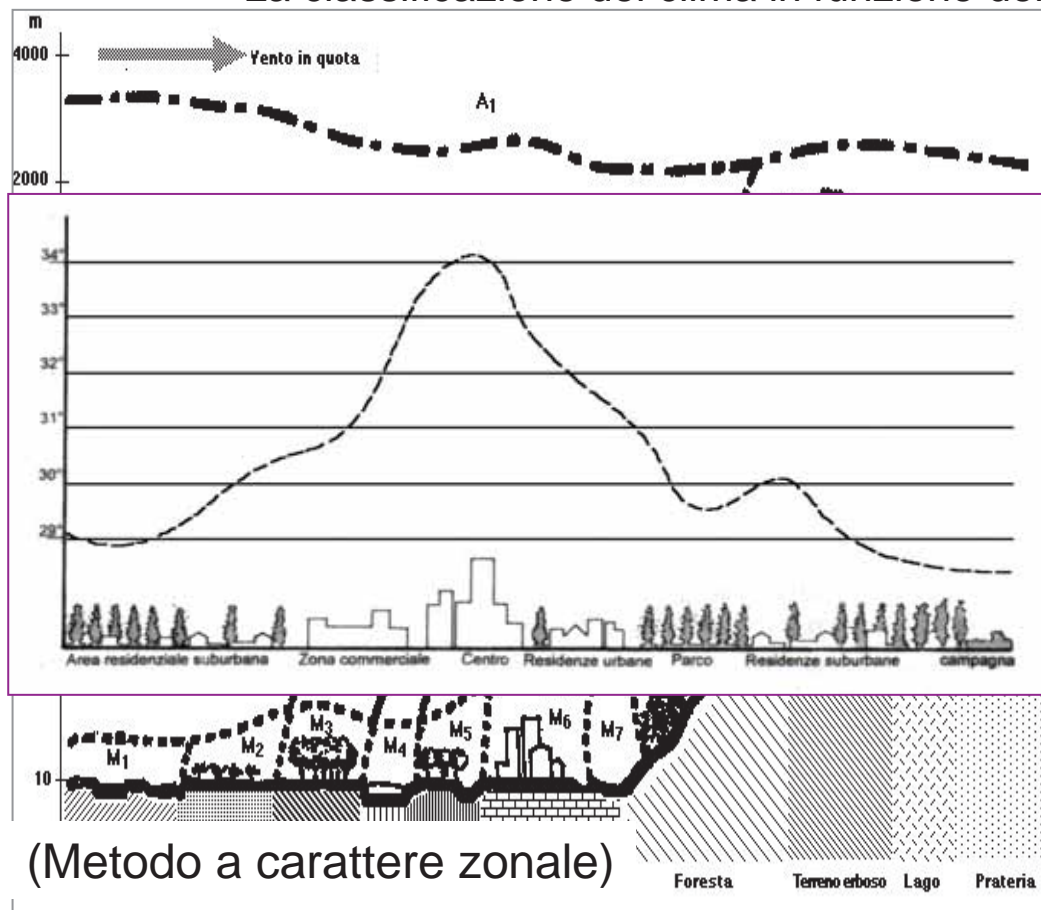
Gli elementi urbani influiscono sul microclima e di conseguenza sulle condizioni di comfort termico





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

La classificazione del clima in funzione della scala di influenza (Yoshino)



### MACROCLIMA

È la specificazione degli elementi caratterizzanti la circolazione generale dell'atmosfera alla **scala continentale e oceanica**

ESTENSIONE VERTICALE → 12 km

### MESOCLIMA

È la specificazione delle caratteristiche climatiche a **livello subcontinentale**

ESTENSIONE VERTICALE → 3-4 km

ESTENSIONE ORIZZONTALE → 1000-2000 km

### TOPOCLIMA

È la caratterizzazione climatica a **scala locale**

ESTENSIONE VERTICALE → 1 km

ESTENSIONE ORIZZONTALE → decine di km

### MICROCLIMA

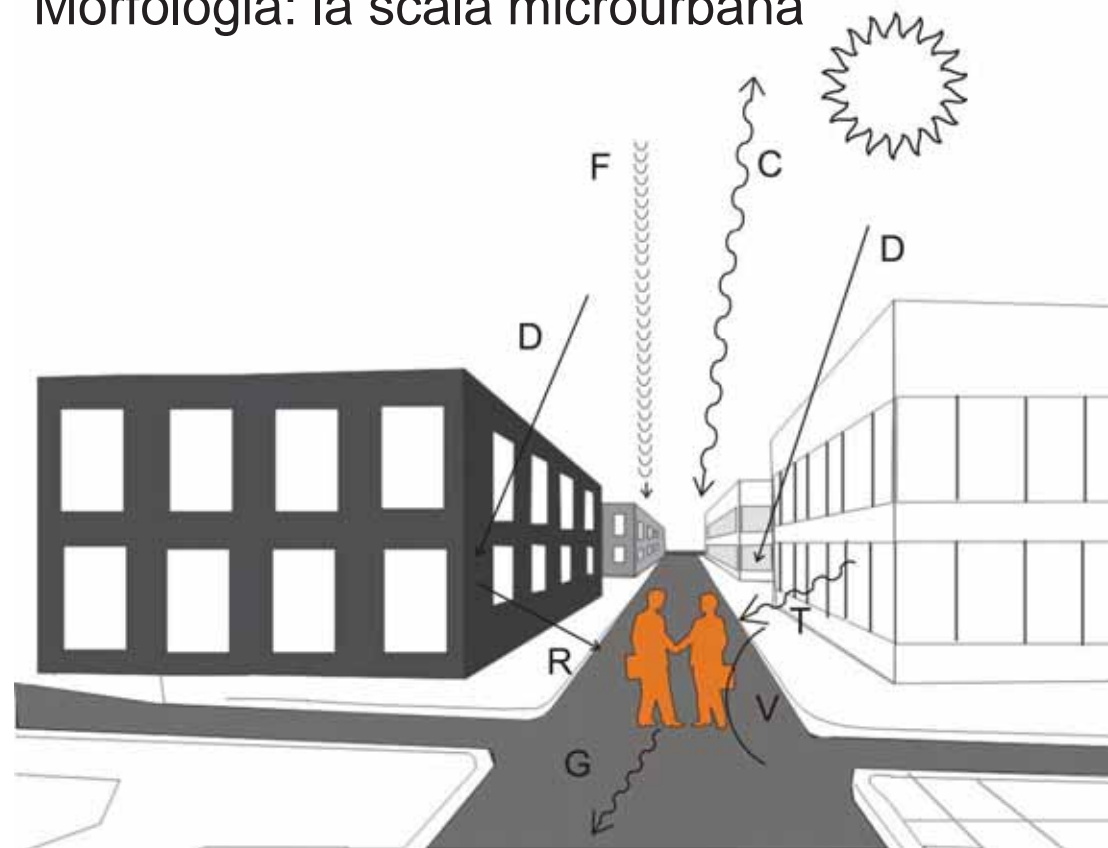
Rappresenta il **clima tipico dell'intorno edilizio**

ESTENSIONE VERTICALE → altezza edifici

ESTENSIONE ORIZZONTALE → poche centinaia di metri



### Morfologia: la scala microurbana



D - radiazione solare diretta

C - radiazione IR- Scambio con il cielo

R - radiazione solare diretta riflessa

G - radiazione IR- Scambio con il terreno

F - radiazione solare diffusa

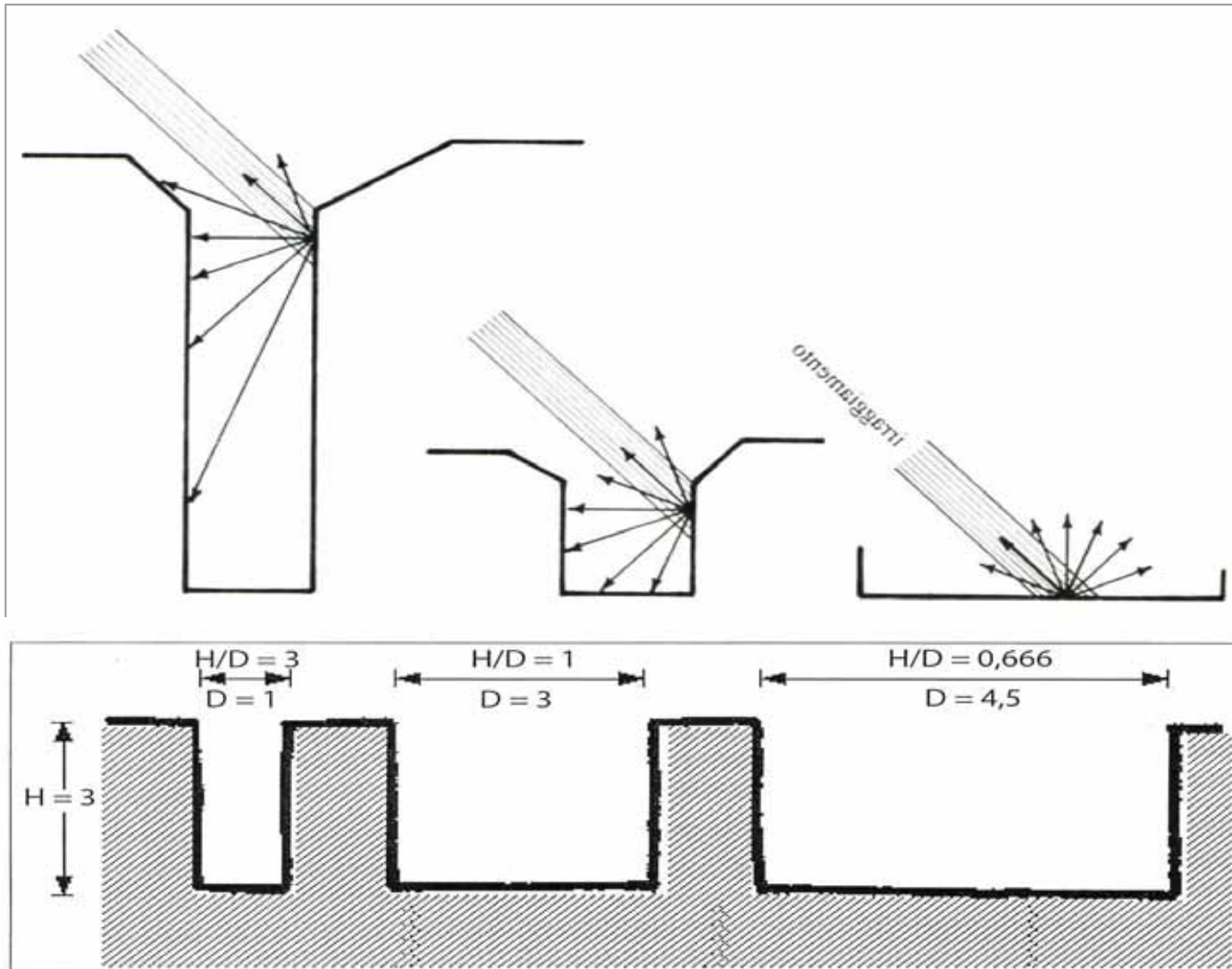
O - radiazione IR- Scambio con i corpi

V - scambio convettivo





## Morfologia: la scala microurbana







## La valutazione della morfologia



### 1- Apertura al cielo

È la quantità di cielo visibile in ogni fotografia

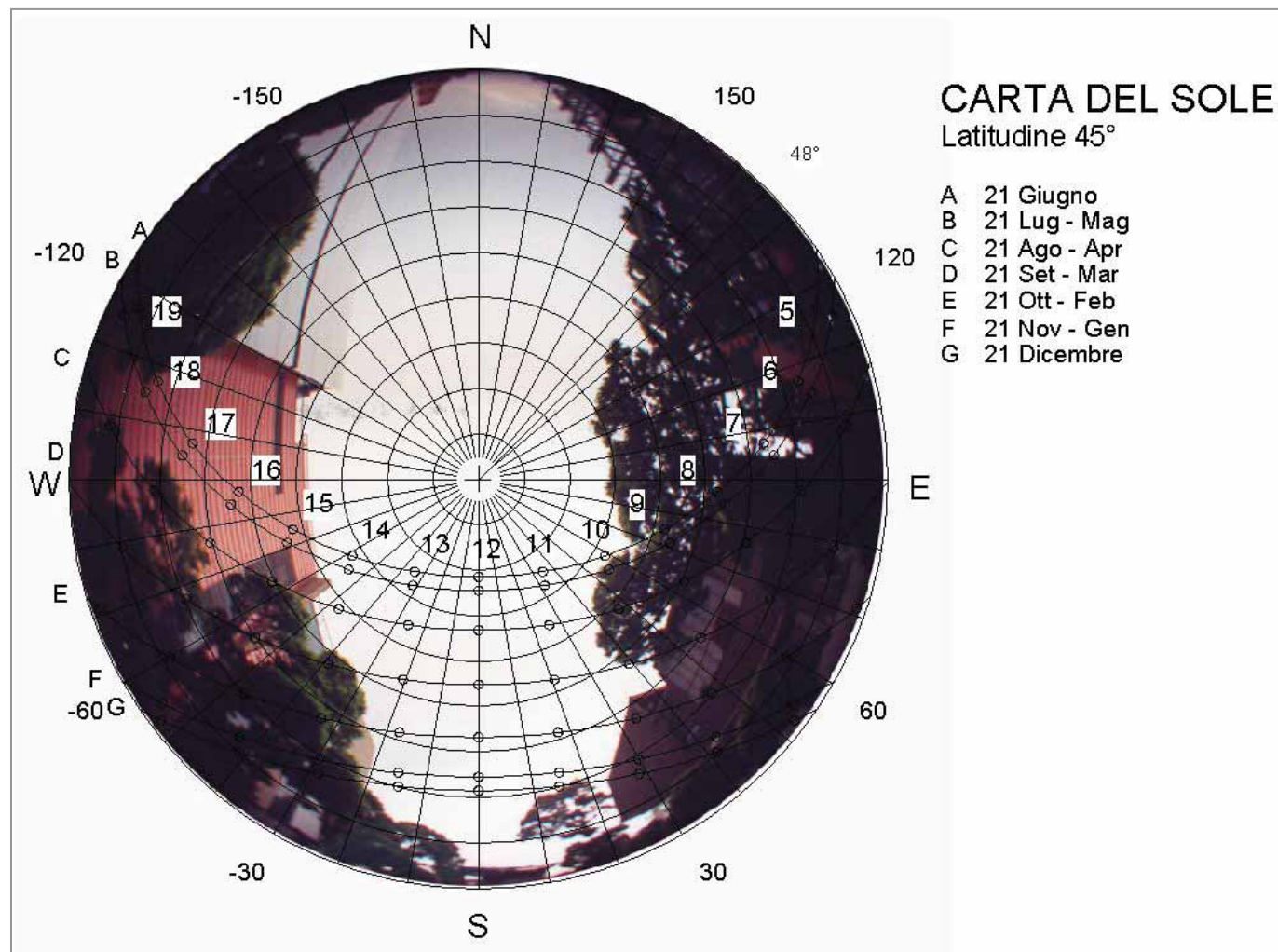
L'apertura al cielo si definisce dal **rapporto medio tra il perimetro del costruito e quello del non costruito**.

La disposizione delle superfici caratterizza l'apertura di uno spazio urbano alla volta celeste.

Questo scambio con il cielo **incide sulla quantità di energia** solare assorbita e riemessa, sulle condizioni di luminosità, anche all'interno degli edifici, e sul dissolvimento delle particelle inquinanti nel *canopy layer*, lo strato fino all'altezza dei tetti.



## La valutazione della morfologia





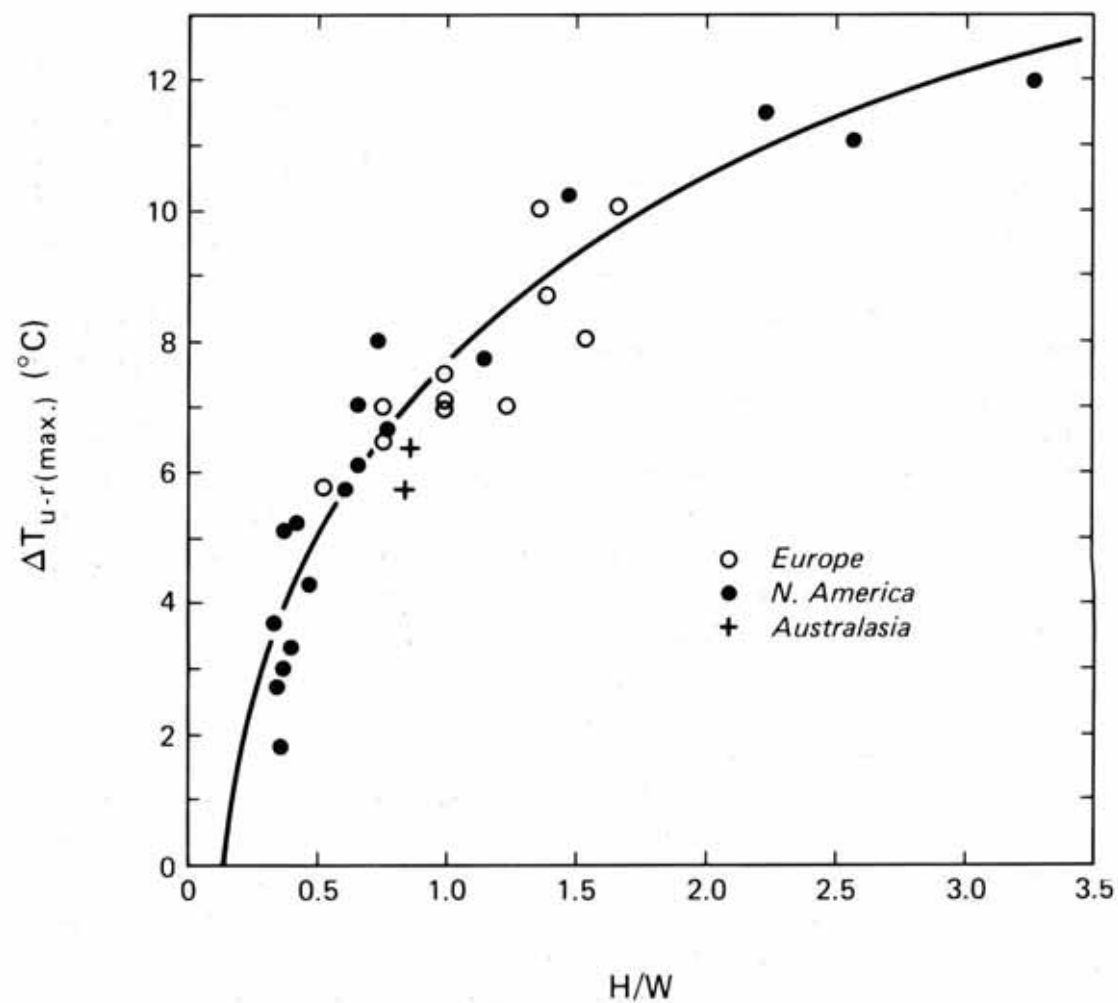
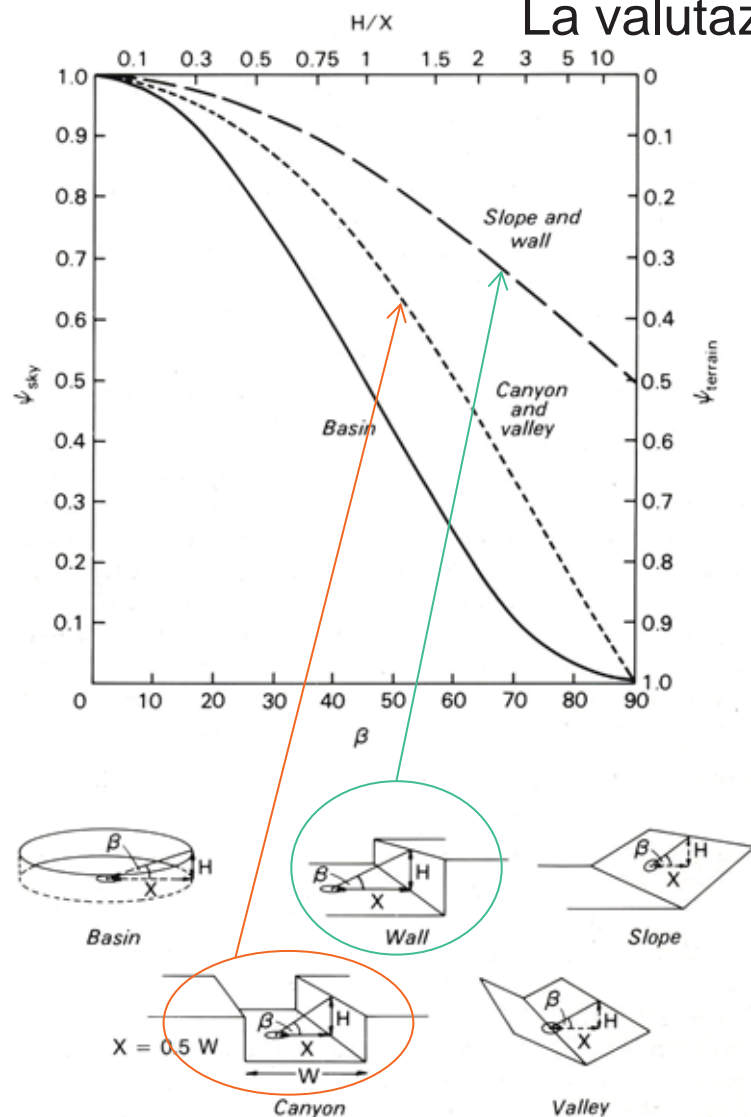
## La valutazione della morfologia





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

### La valutazione della morfologia







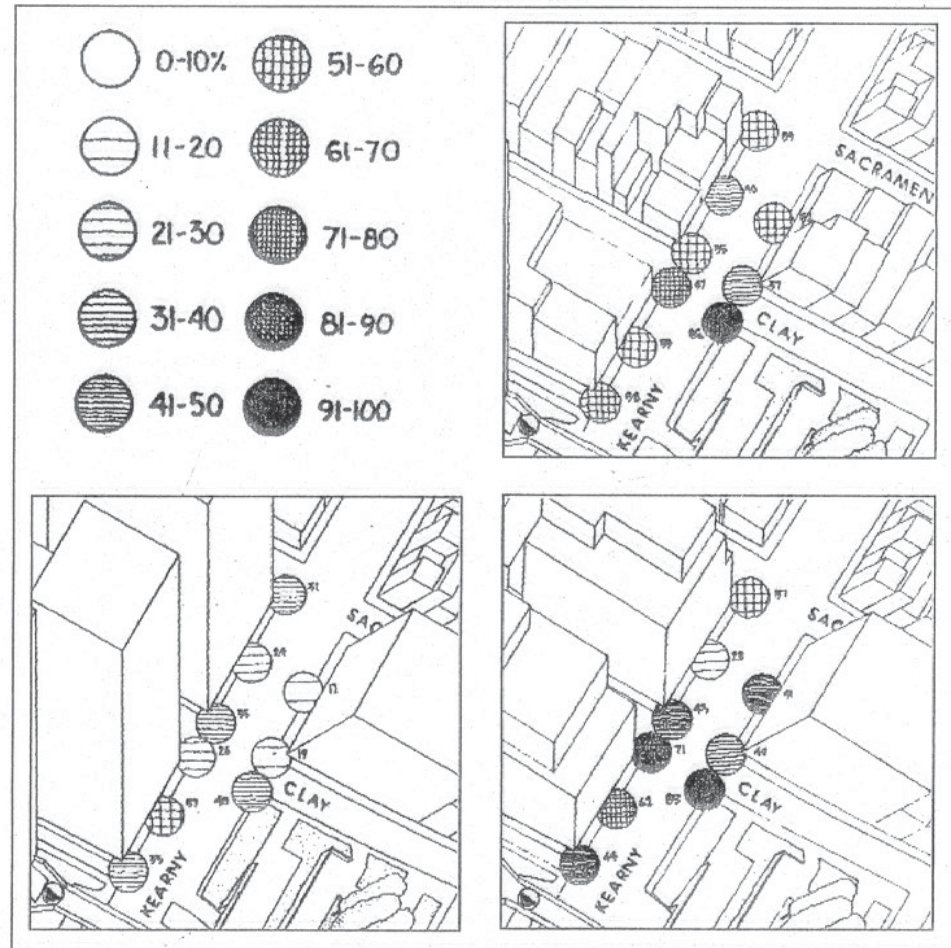
## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

### La valutazione della qualità alla scala di comparto: il comfort termico

... "il comfort è influenzato dagli effetti combinati di irraggiamento solare, temperatura umidità e vento".

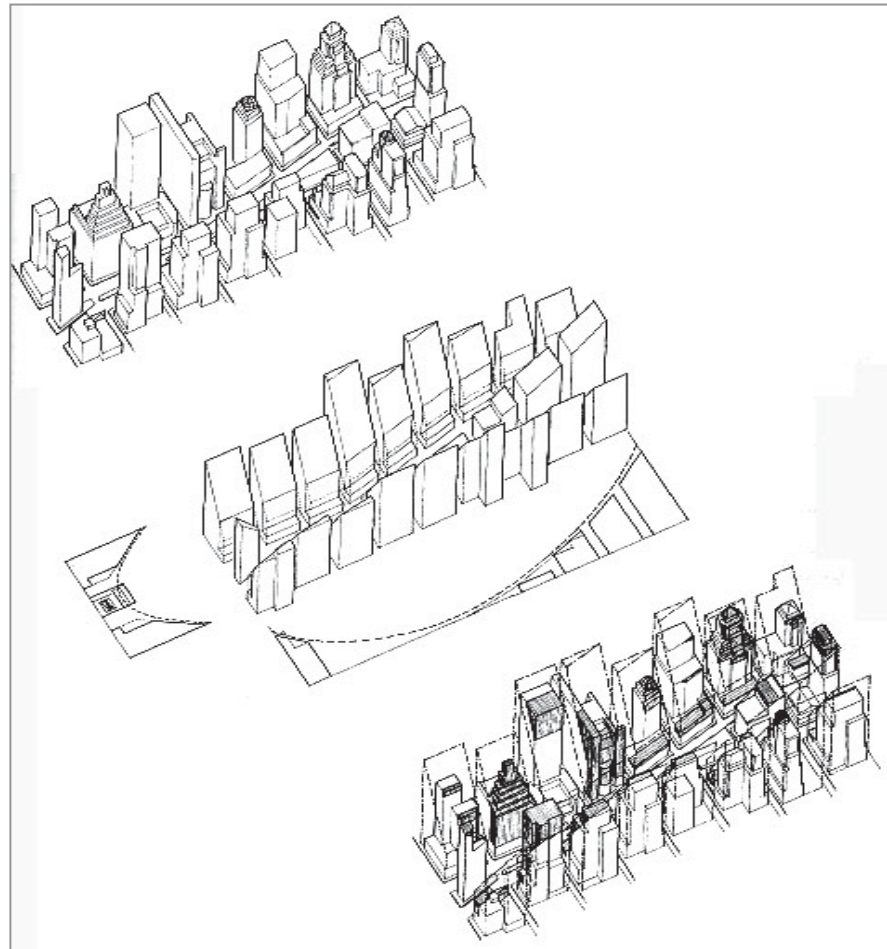
... "se il comfort termico di una persona rappresenta un insieme di condizioni ambientali nel quale la persona riesce a mantenere un equilibrio termico, allora i regolamenti sul soleggiamento e la ventilazione potrebbero basarsi su un modello, **un indice del bilancio termico**"

(Bosselmann, San Francisco 1986)





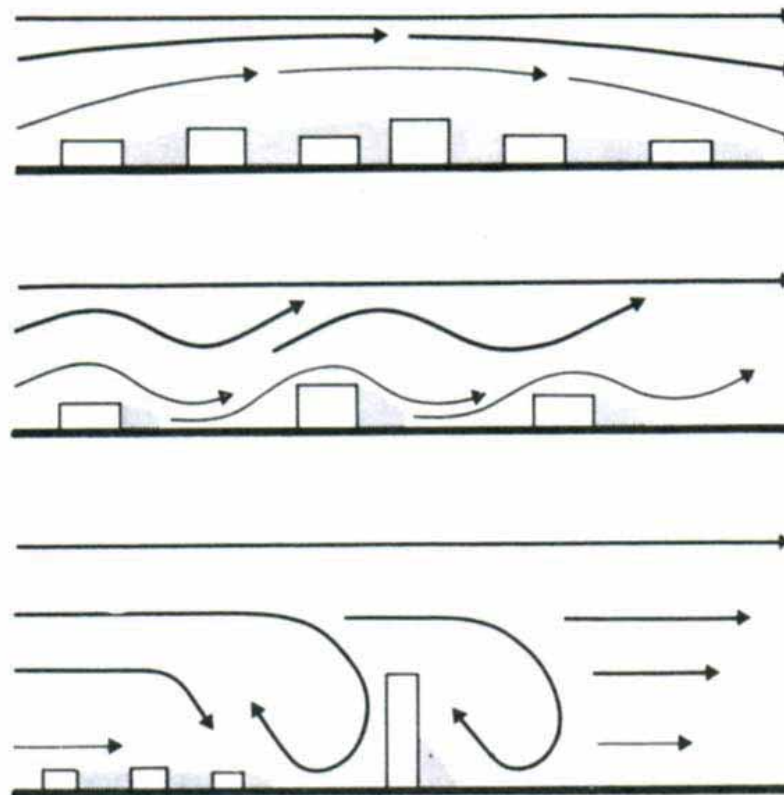
### La valutazione della morfologia



Valutazione delle potenzialità massime di sviluppo morfologico urbano in funzione del comfort sullo spazio pubblico  
(Bosselman – San Francisco)

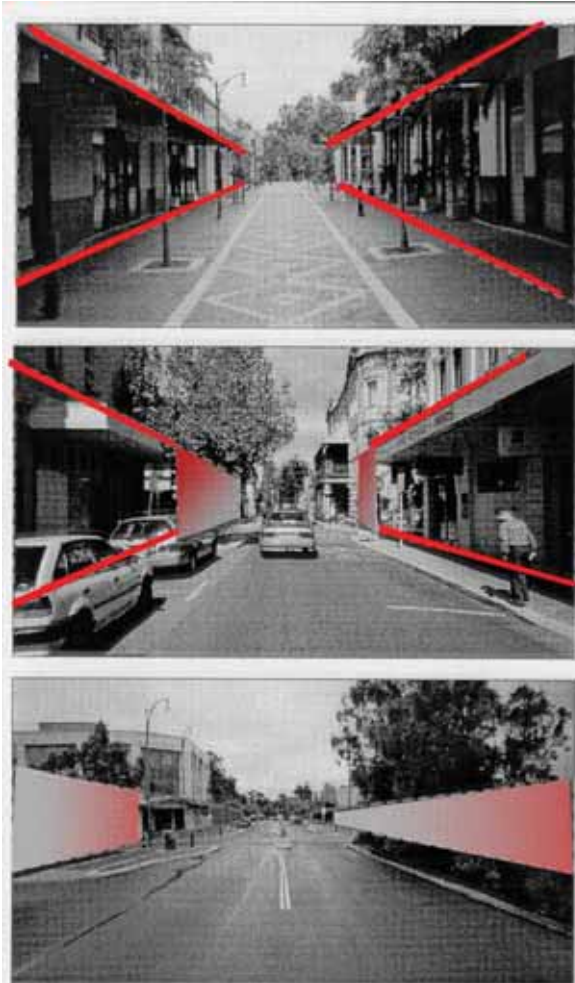


## Morfologia: la scala microurbana





## La valutazione della morfologia



### 2- Continuità della facciata

È la misura della continuità delle facciate degli edifici. A livello percettivo questo aspetto aiuta a dare un senso di chiusura e definizione dello spazio urbano

---

Fornisce indicazioni riguardo lo scambio radiante con il costruito (parterre e facciate) può essere considerato come il parametro complementare all'apertura al cielo





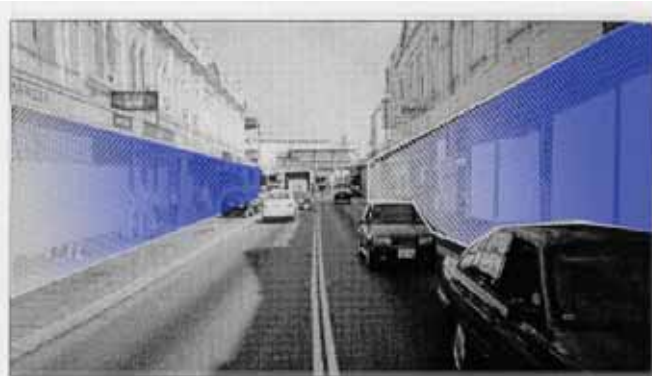
### La valutazione della morfologia

#### 3- Spazi di transizione

Gli spazi di transizione costituiscono un passaggio "morbido" tra la sfera privata e quella pubblica. Si tratta di corti, portici, verande, ecc..

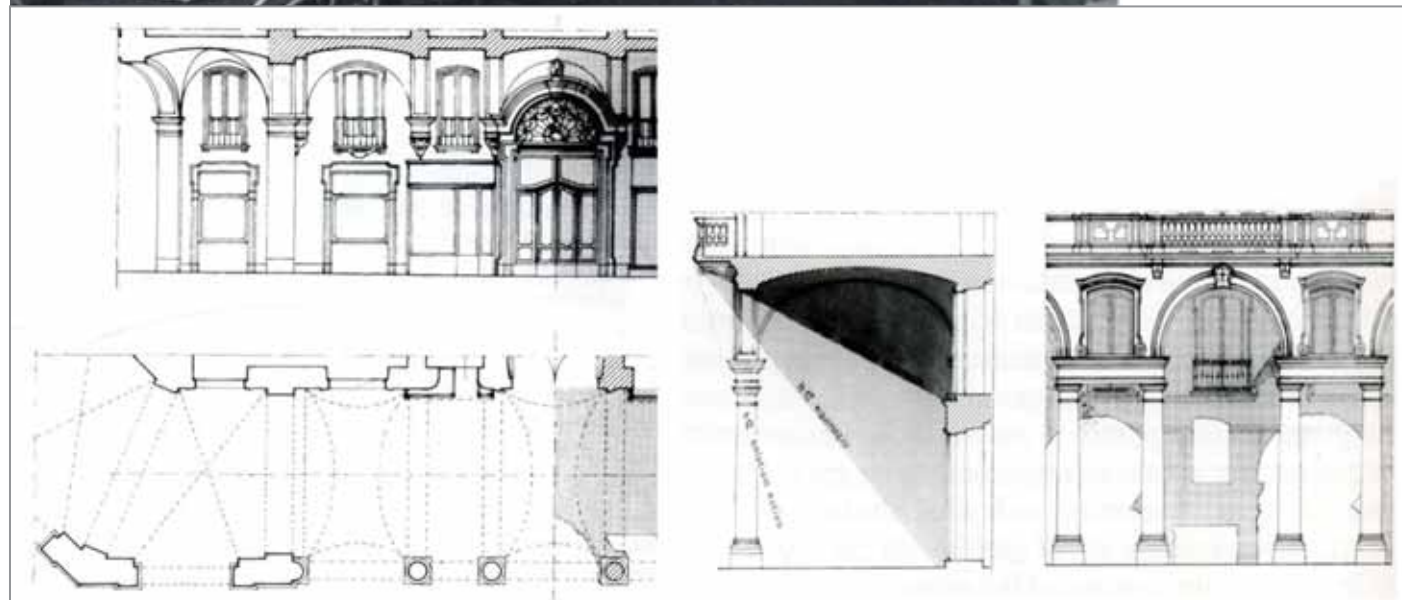
---

Hanno la capacità di modificare il microclima sia esterno che interno, per questo motivo possono essere considerati una "strategia" per la modifica delle prestazioni ambientali di uno spazio urbano



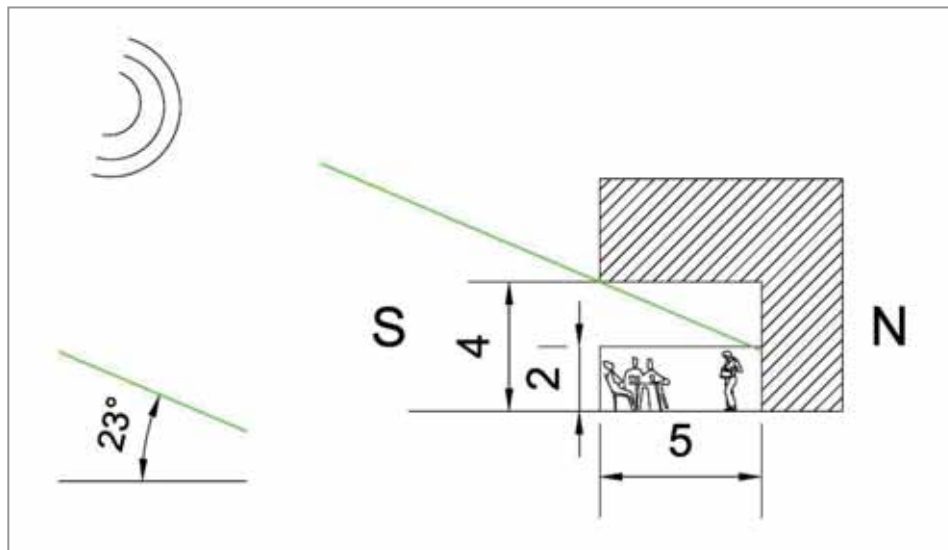
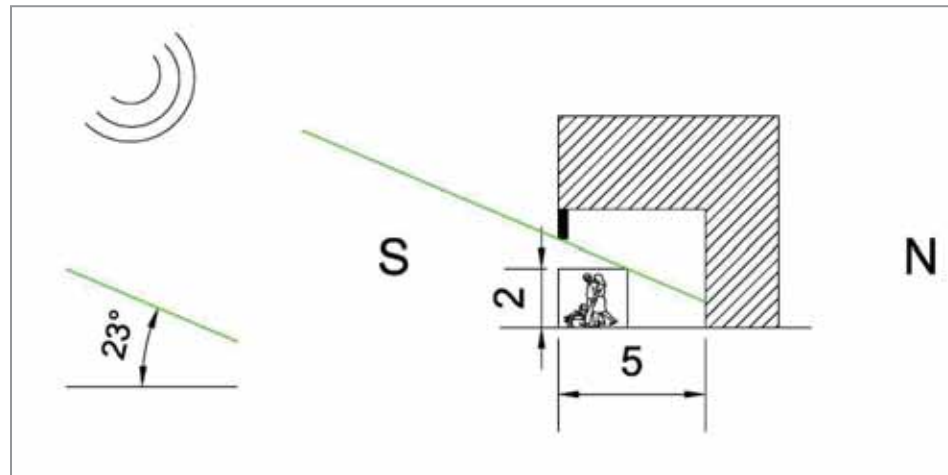


## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico



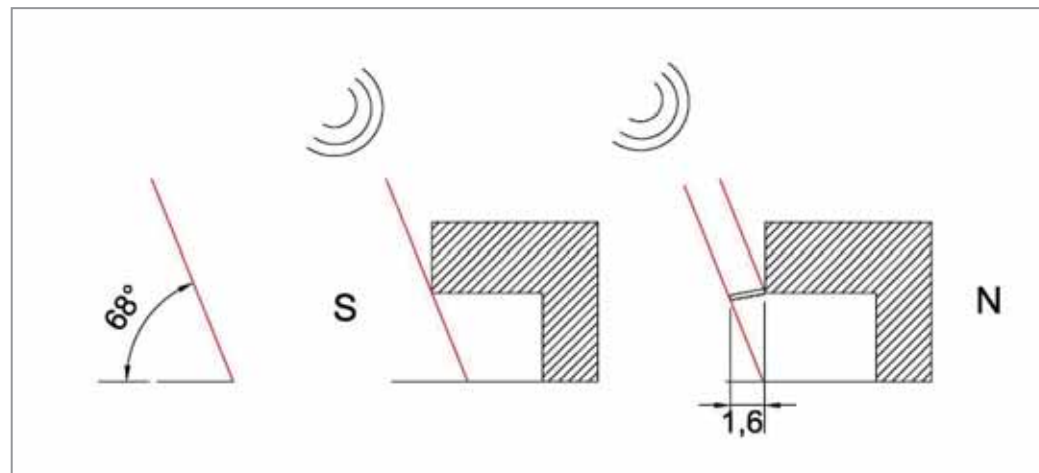
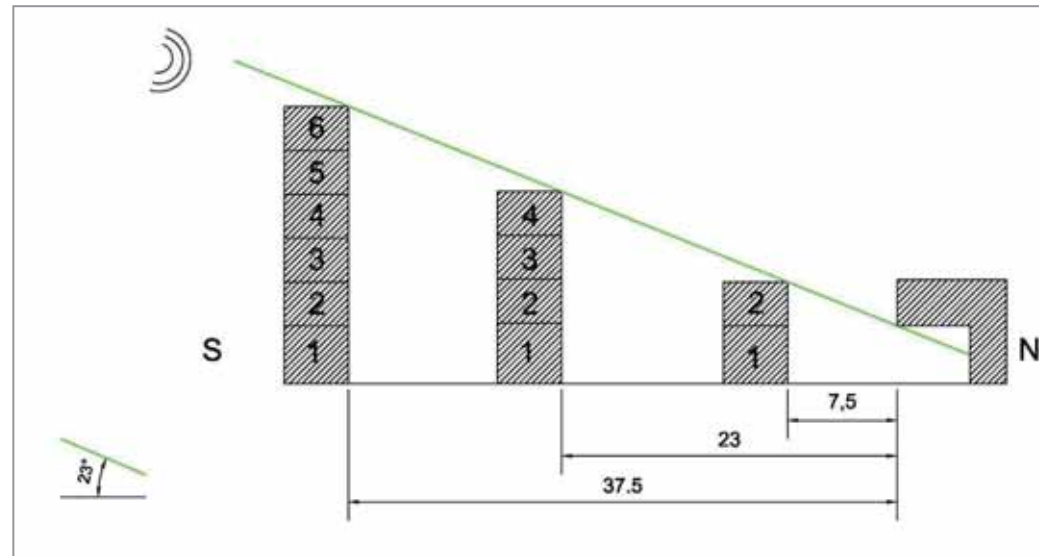


## Il dimensionamento del portico





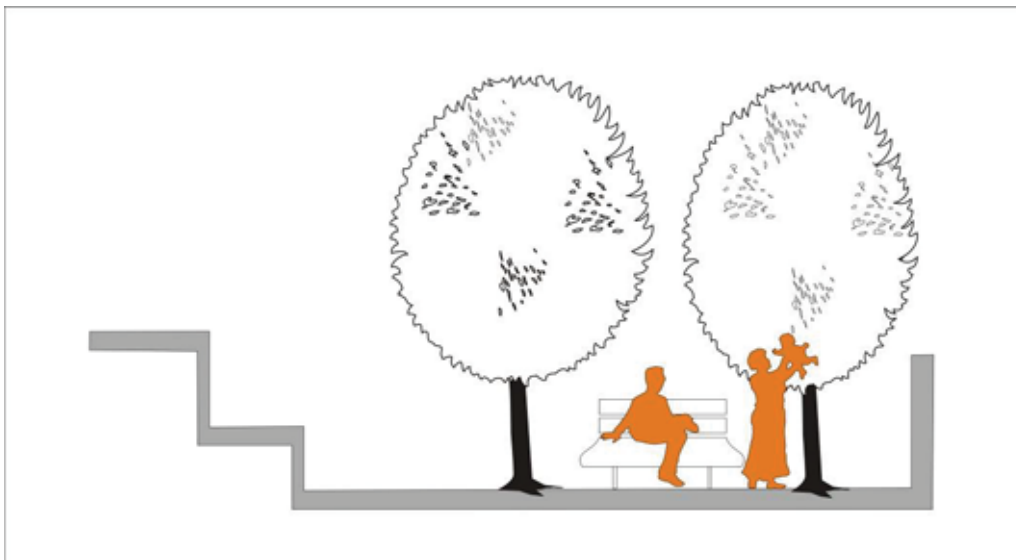
## Il dimensionamento del portico





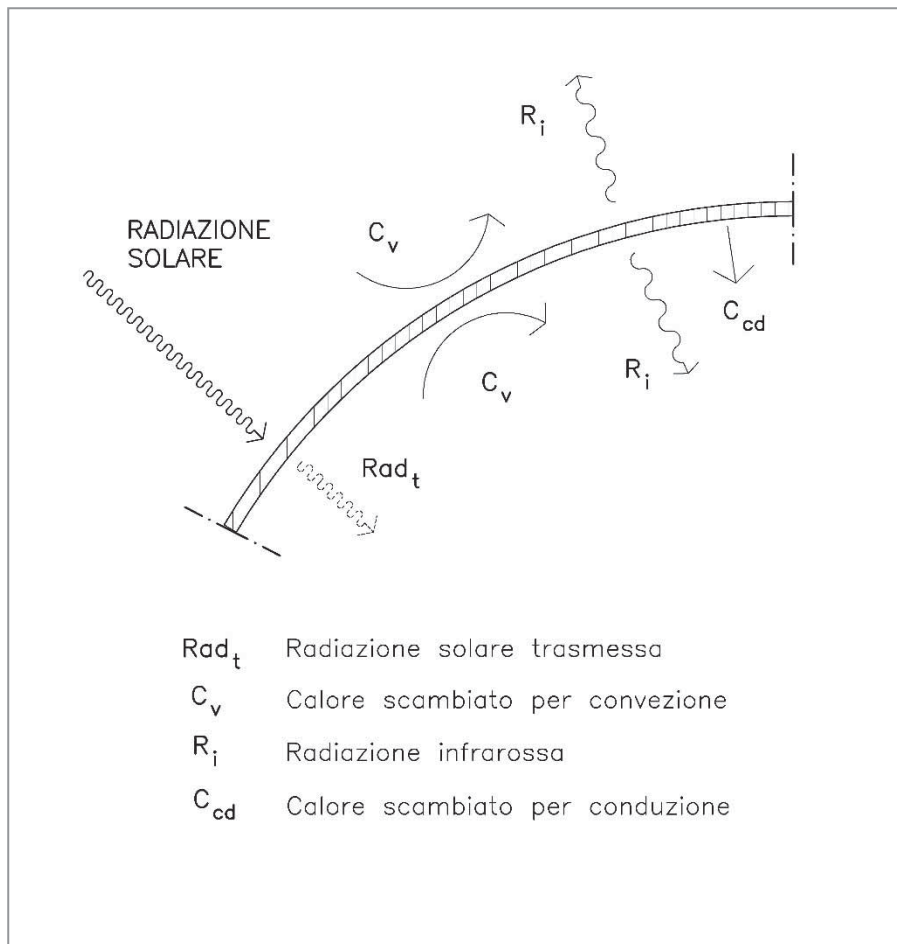


### Differenze di quota





**Una copertura è un elemento che si colloca tra la radiazione solare e la zona occupata**



I flussi energetici che hanno luogo se si considera una copertura generica sono di quattro tipi:

**1-** La radiazione solare incidente si trasmette attraverso la copertura e raggiunge il suolo.

**2-** La frazione di radiazione che può passare è data dal coefficiente di trasmissione, ed è una proprietà del materiale. Il coefficiente di trasmissione di un materiale opaco è nullo, che significa che il suolo non viene raggiunto da radiazione.

**3-** Una parte della radiazione incidente viene assorbita dalla copertura aumentando la sua temperatura superficiale. La frazione di radiazione assorbita è data dal coefficiente di assorbimento, che è una proprietà del materiale.

**4-** La radiazione ad onda lunga (radiazione termica) tra la copertura e il cielo e la copertura e il suolo. Il calore per convezione che scambia con l'aria ambiente attraverso i due lati della copertura.



### la copertura

Per la scelta di una copertura si devono tenere in considerazione alcuni aspetti che rappresentano le variabili della copertura, cioè le dimensioni, il materiale e la forma. Gli aspetti fondamentali sono tre:

- 1- La forma: il controllo della radiazione solare è rappresentato dalla quantità d'ombra prodotta in relazione alla superficie totale e dipende dalla forma, dalla dimensione e dalla distanza della copertura dalla zona occupata.
- 2- Il coefficiente di trasmissione: la qualità dell'ombra ottenuta, o dall'intensità dell'ostruzione, che dipende dal tipo di copertura e dal materiale utilizzato.
- 3- Il colore e la texture della copertura (l'albedo).

## I sistemi di schermatura della radiazione solare

La radiazione solare è la componente di guadagno di calore più importante.

Di conseguenza:

Il primo requisito legato al miglioramento delle condizioni di comfort termico è quello di impedire che la radiazione solare raggiunga le persone



Progettare gli elementi di schermatura è la prima tappa nella progettazione bioclimatica di spazi urbani

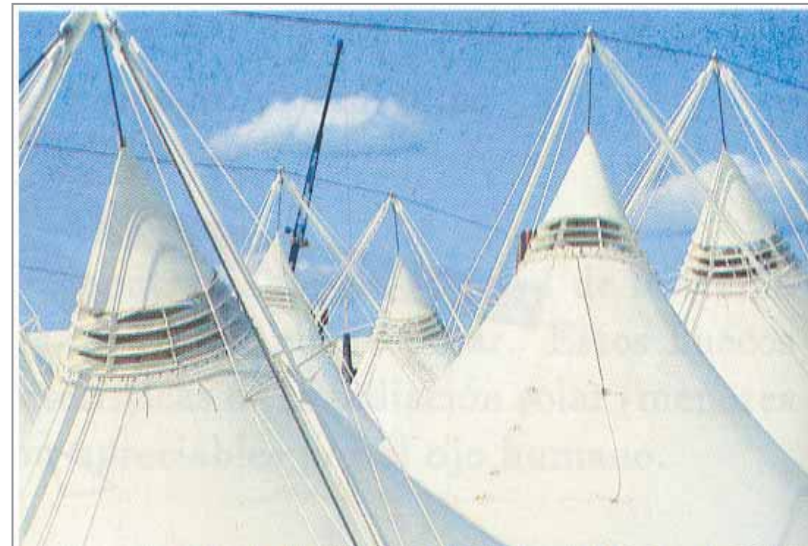




## Tipi di copertura



Copertura chiusa



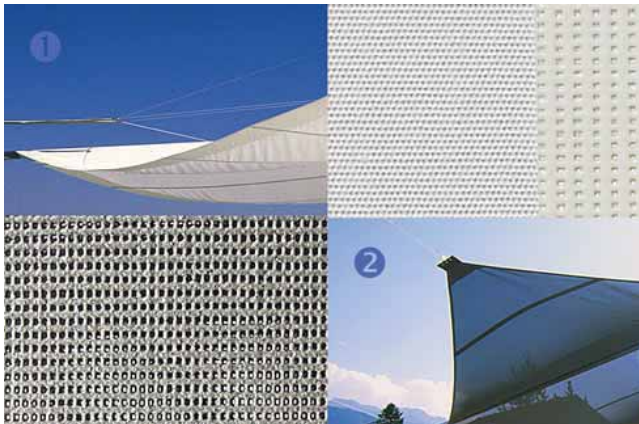
Copertura aperta



### Tipi di copertura

#### Coperture semplici

(formate da un solo strato di materiale)

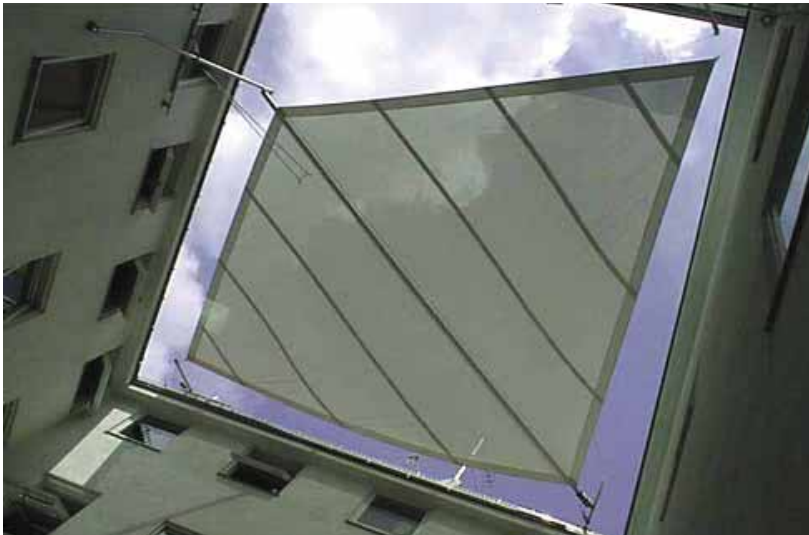


- 1 - Le vele utilizzate per la protezione dalla pioggia
- 2 - Le vele usate esclusivamente per la protezione dal sole vengono eseguite in tessuto a struttura reticolare



## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

### Sistemi di schermatura della radiazione diretta

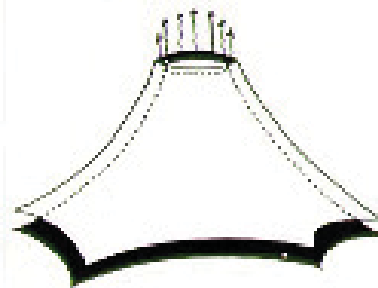
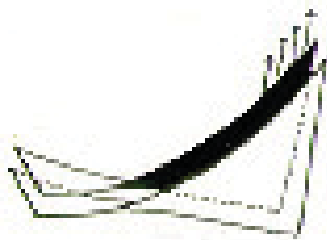
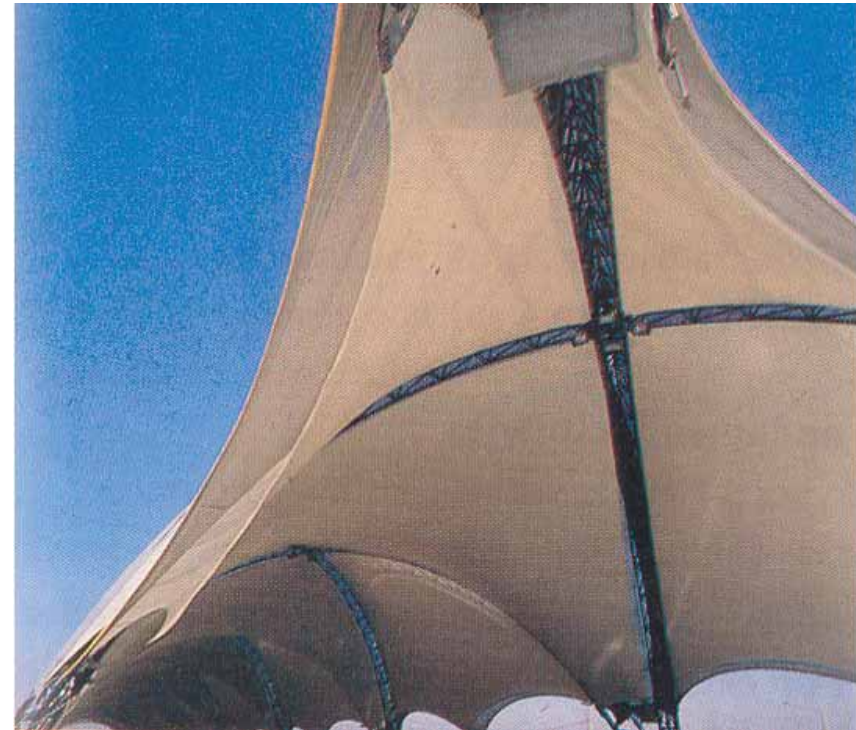
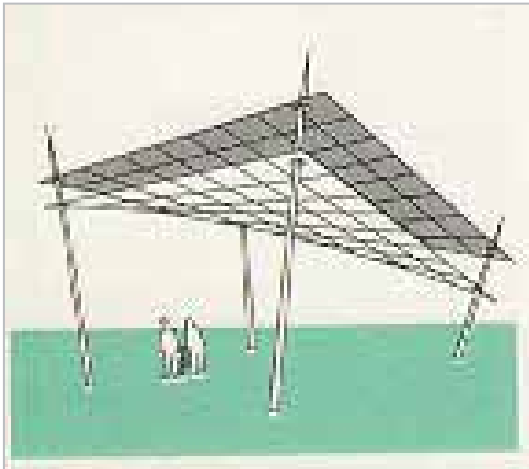






### Coperture doppie

(formate da due coperture semplici sovrapposte con una camera d'aria all'interno)

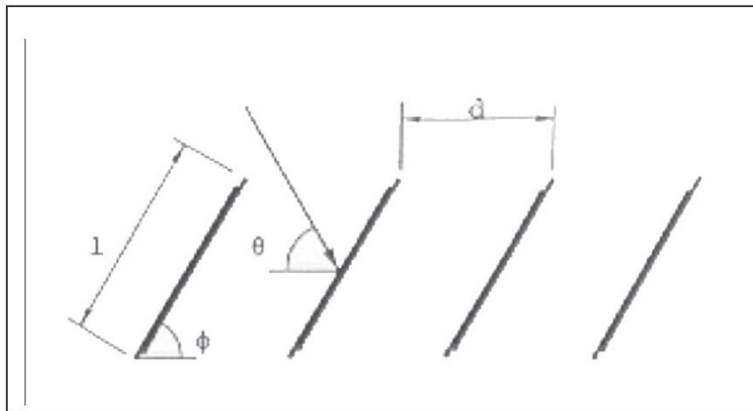






### Coperture multiple

(formate da lame inclinate che si sovrappongono permettendo la circolazione dell'aria nella parte inferiore e superiore della copertura)





### Sistemi di schermatura fissa e mobile





### Sistemi di schermatura della radiazione diretta

Una copertura è un elemento che si colloca tra la radiazione solare e la zona occupata







Riduzione

36

ento atmosferico







## Riduzione dell'effetto “Isola Di Calore Estiva” e dell'inquinamento atmosferico



Architecture 🏠 on Instagram: “@crassociati and @italorota are transforming an 18th century #hospital into a multidisciplinary cultural and innovation hub with an...”



Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

## Parelio by CRA (Carlo Ratti associati)



L'ombrello è alto 2,5 metri e ha il diametro di 3,2 metri. La parte superiore dell'"ombrello" è posizionata capovolta – si apre verso il cielo – in modo da consentire l'esposizione dello strato fotovoltaico alla radiazione solare



## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

### Differenze tra sistemi di schermatura

Materiale	Radiazione solare assorbita (%)	Radiazione solare trasmessa (%)	Radiazione solare riflessa (%)
1 Vegetale	80-100	0-20	0
2 Tessile chiaro	10-20	25	55-65
3 Polimero	10-15	13	72-77
4 Opaco	20-70	0	30-80







### Coperture a pergola

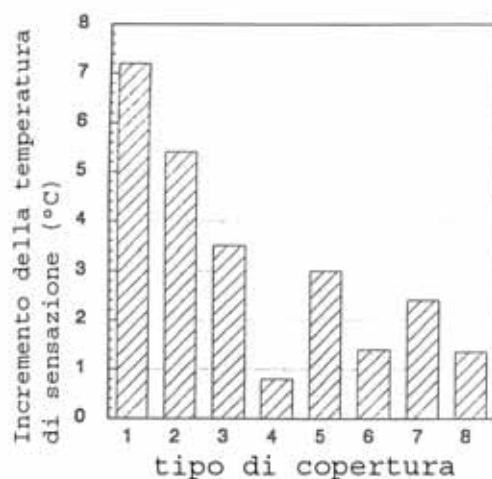
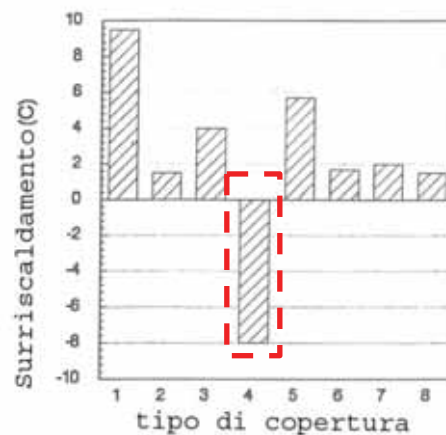
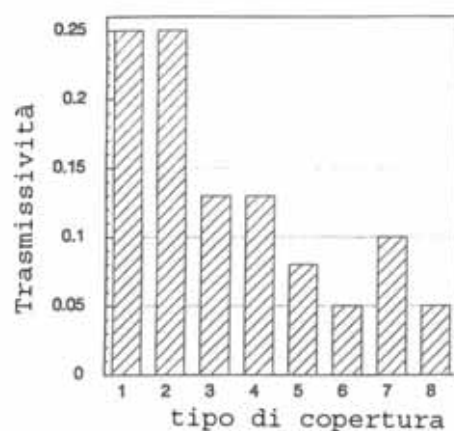






## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

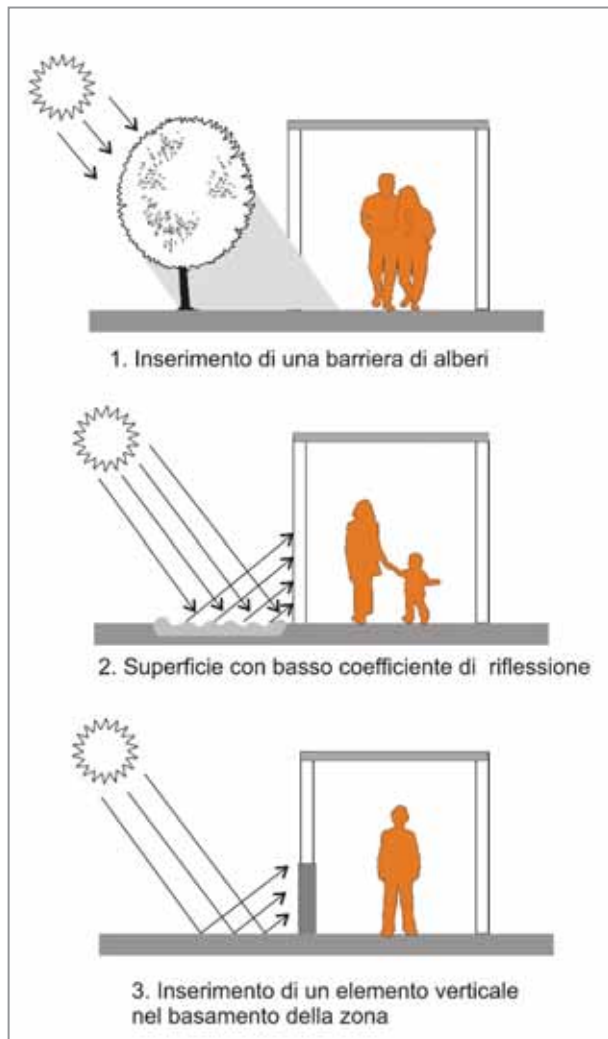
### Confronto tra otto coperture differenti



Tipo di copertura (numero di riferimento)	Descrizione
1	Semplice, tessile, chiara, di forma chiusa, sporca
2	Semplice, tessile, chiara, di forma aperta, pulita
3	Semplice, PVC, chiara, di forma aperta, sporca
4	Uguale al tipo 3, con irrigazione
5	Doppia: strato superiore: tessile, chiara, sporca strato inferiore: tessile, chiara, pulita
6	Doppia: strato superiore: PVC, bianca, sporca strato inferiore: tessile, chiara, pulita
7	Multiplo: chiara, teli a 45° l/d = 2
8	Multiplo: chiara, teli a 30° l/d = 2,5



### Sistemi di schermatura della radiazione riflessa



Barriera composta da vegetazione che intercetta parte della radiazione solare diretta al terreno

Superficie d'acqua che impedisce la riflessione della radiazione dal terreno (con temperature più elevate).  
Al posto dell'acqua ci può essere una superficie erbosa o scura, che assorbe circa l'80% di radiazione e riflette solo il 20%

Barriera opaca che intercetta la radiazione riflessa dal terreno e ne impedisce il passaggio all'area interessata



### I materiali urbani

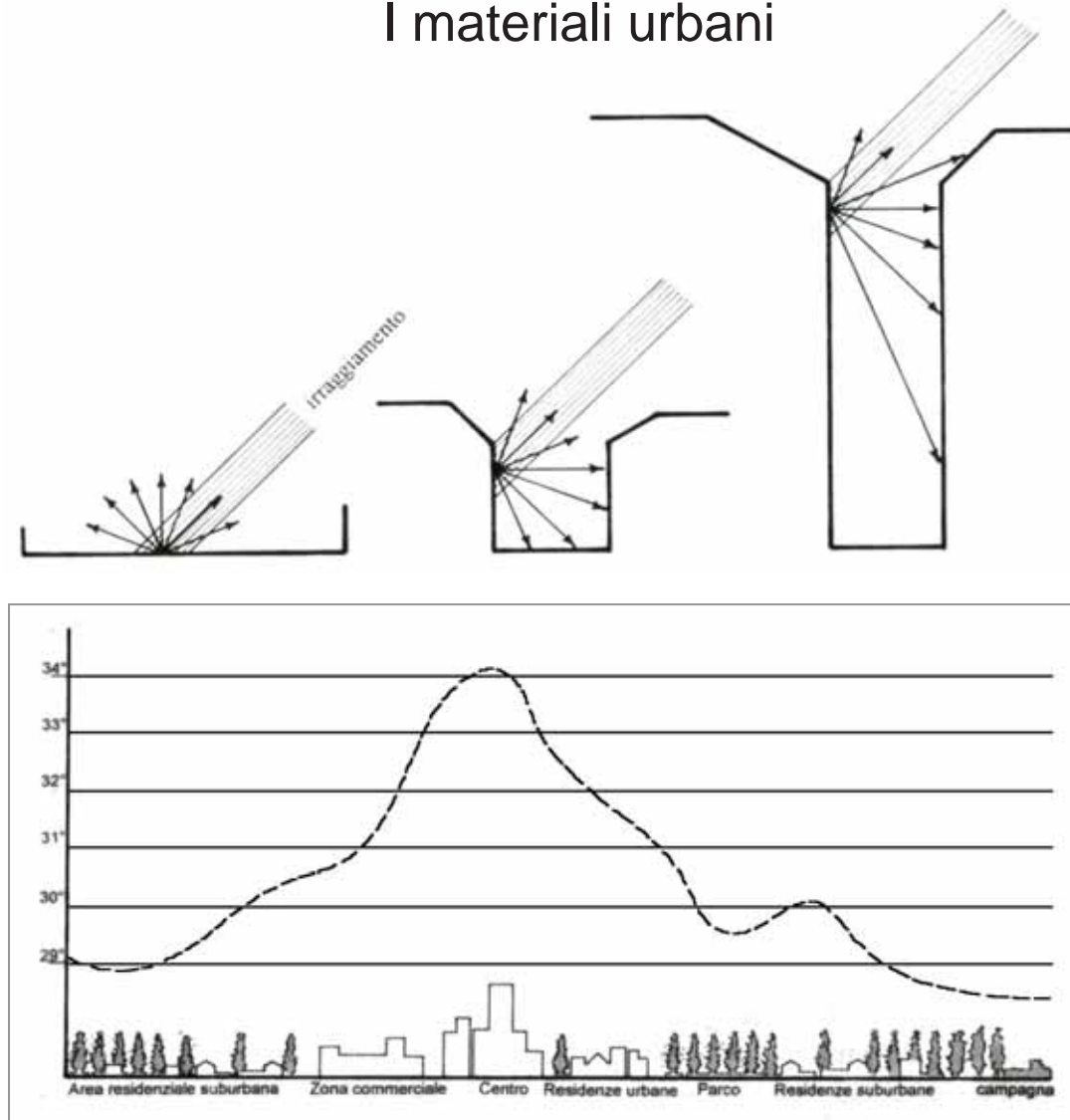
Il miglioramento del microclima delle città implica l'uso più adeguato dei materiali, l'aumento delle aree verdi, l'uso delle superfici fresche, per bilanciare l'effetto dell'aumento delle temperature.





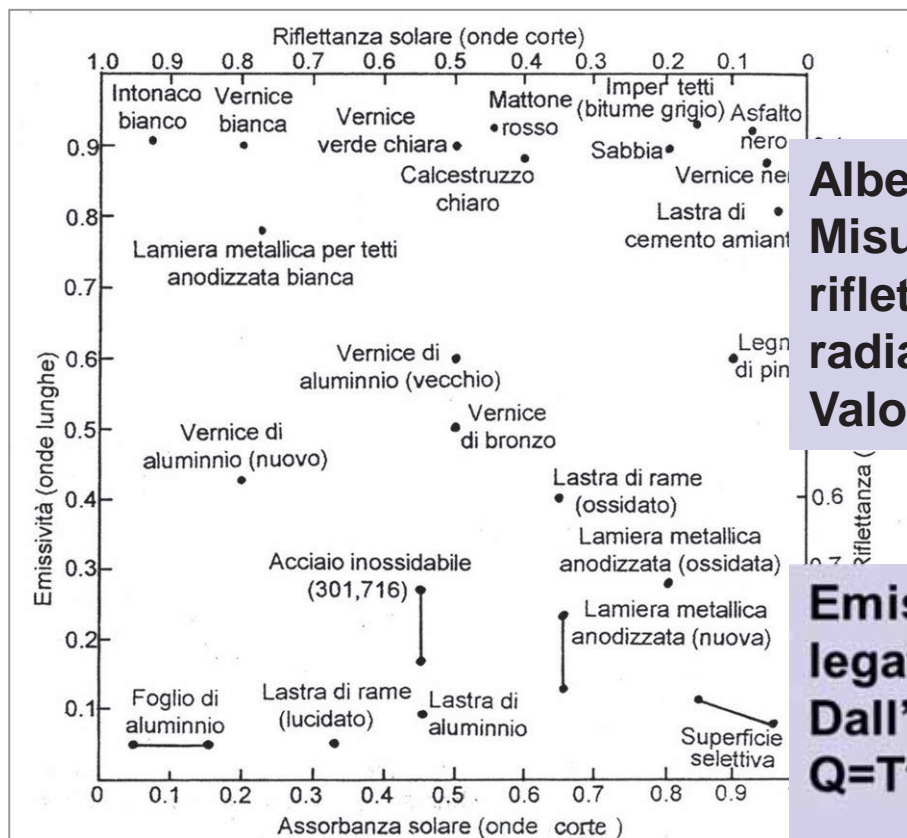
## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

### I materiali urbani





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico



**Albedo: Coefficiente di riflessione solare.**  
**Misura la percentuale di radiazione che**  
**riflette un materiale rispetto al totale della**  
**radiazione solare incidente.**  
**Valore che va tra 0 e 1**

**Emissività: Caratteristica del materiale**  
**legata alla temperatura superficiale**  
**Dall'equazione di Stefan Boltzman:**  
 $Q = T^4 \sigma \epsilon$

$$T = \sqrt[4]{\frac{Q}{\sigma \epsilon}}$$

**Inversamente proporzionali**

Negli USA si è stimato che l'uso di v  
 in copertura "white roof" e ombra  
 vegetazione porta ad una riduzione del fabbisogno  
 energetico per raffrescamento pari al 18%

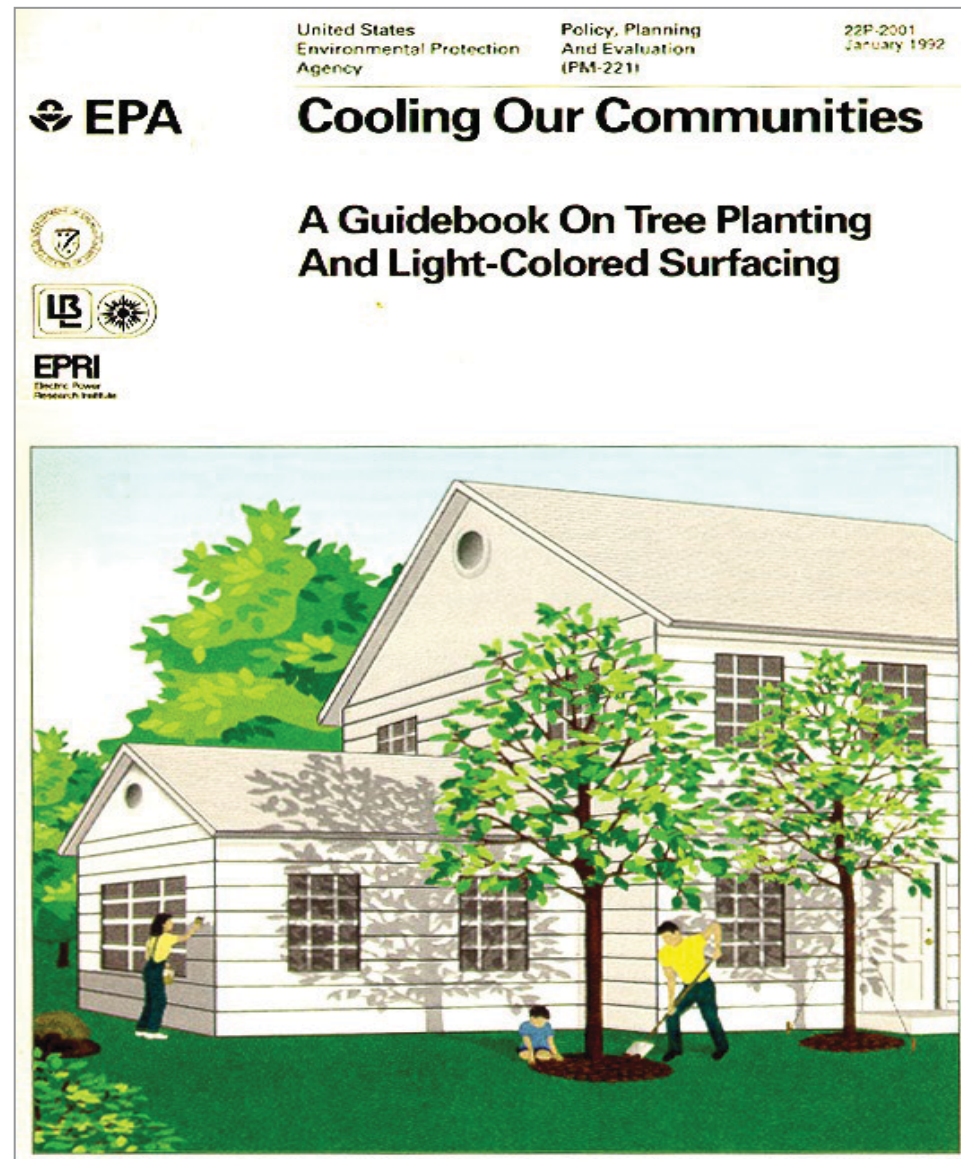


## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico







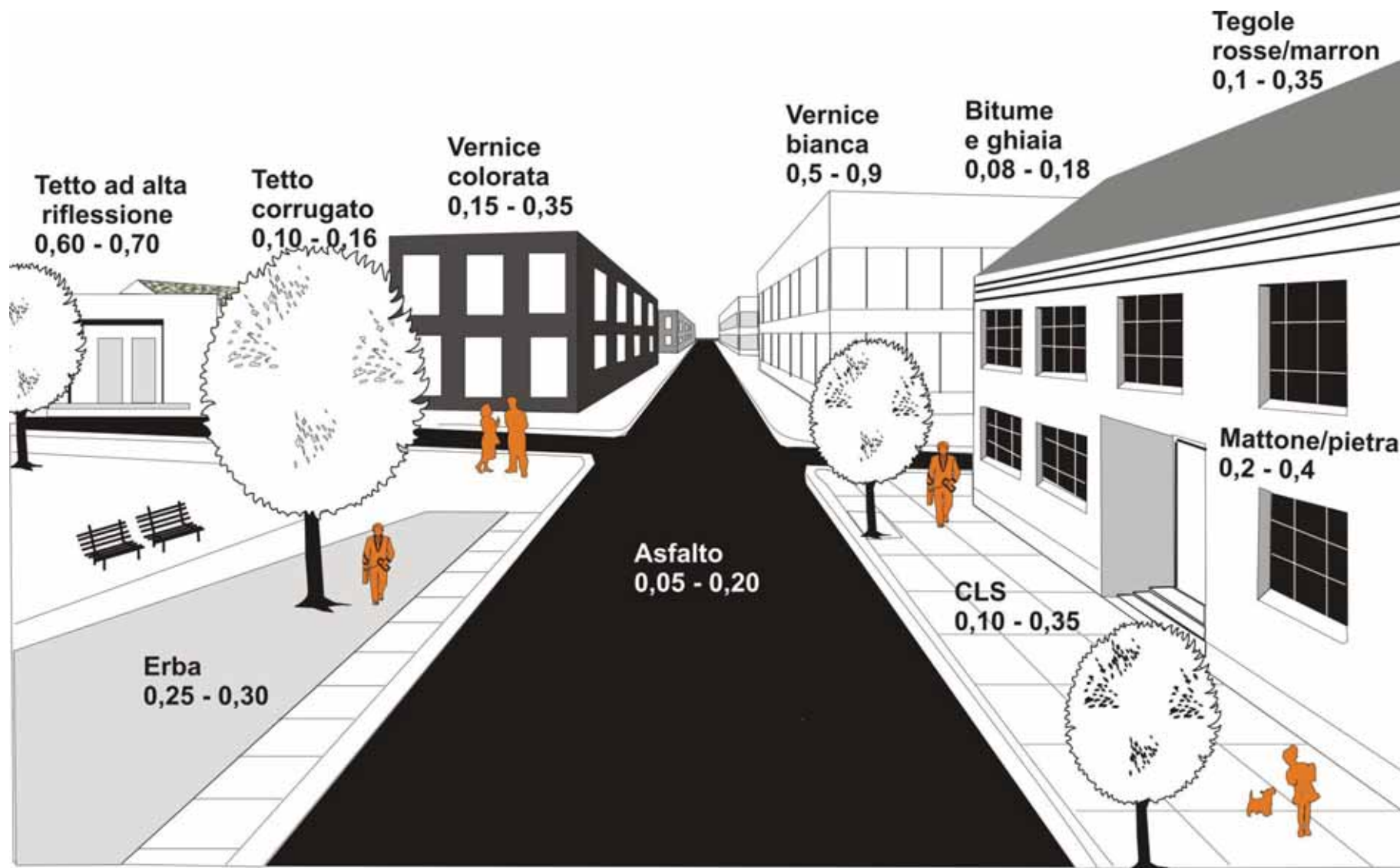
## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico







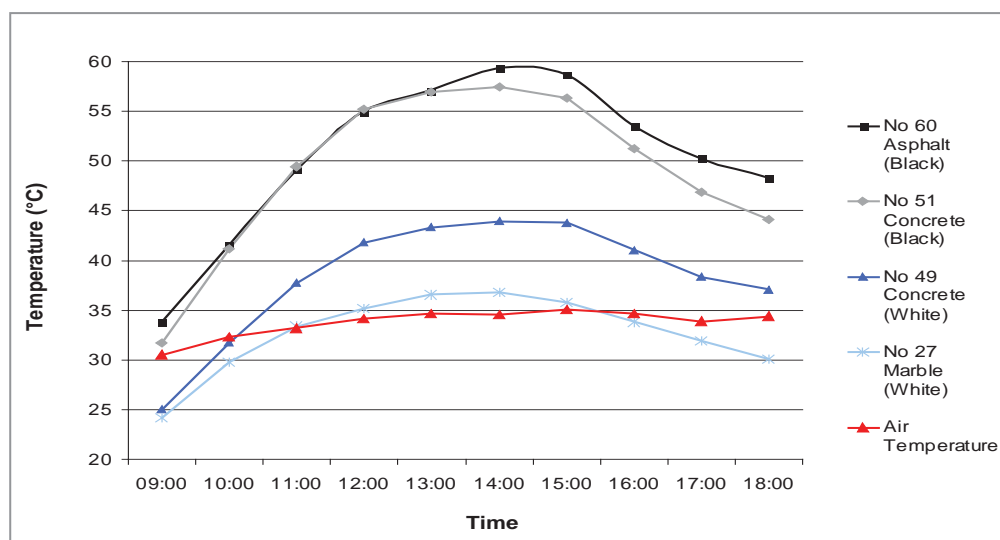
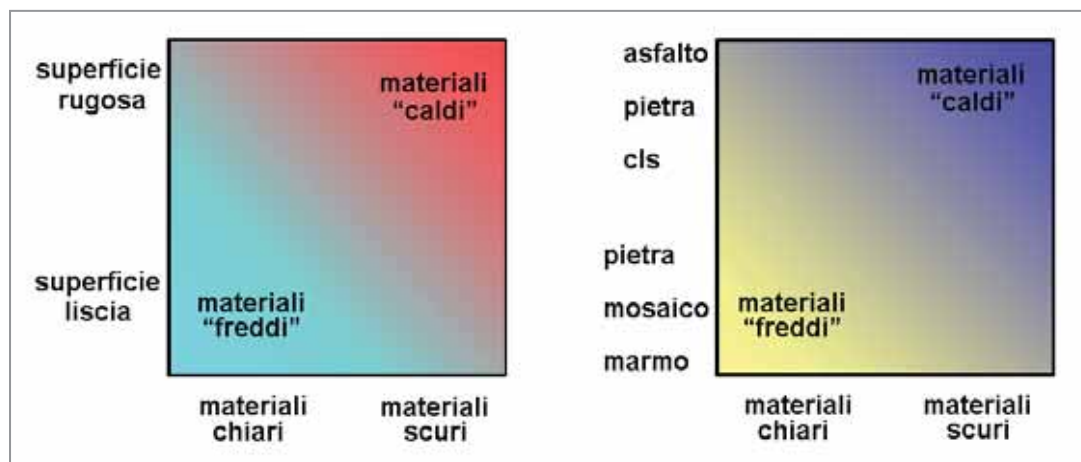
## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico



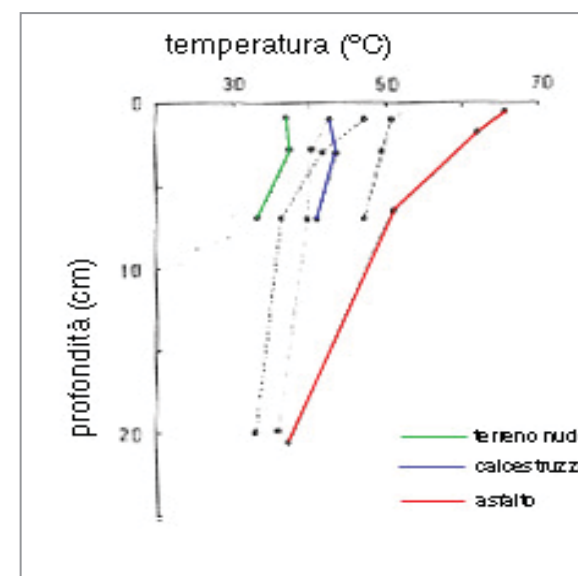


## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

### Materiali da pavimentazione caldi e freddi

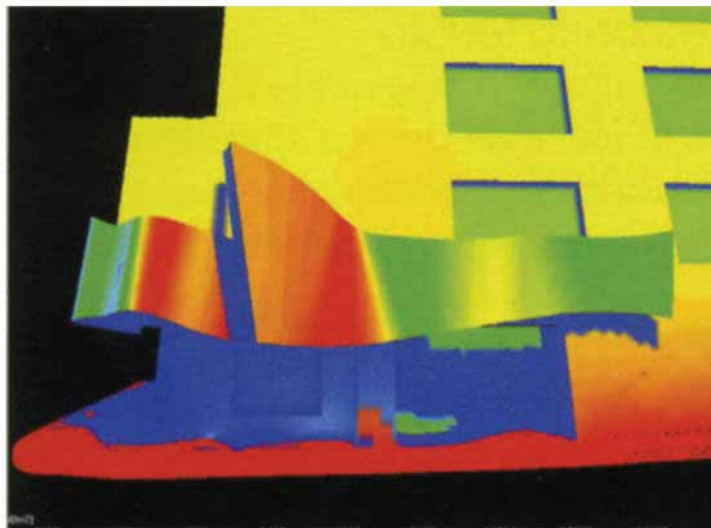
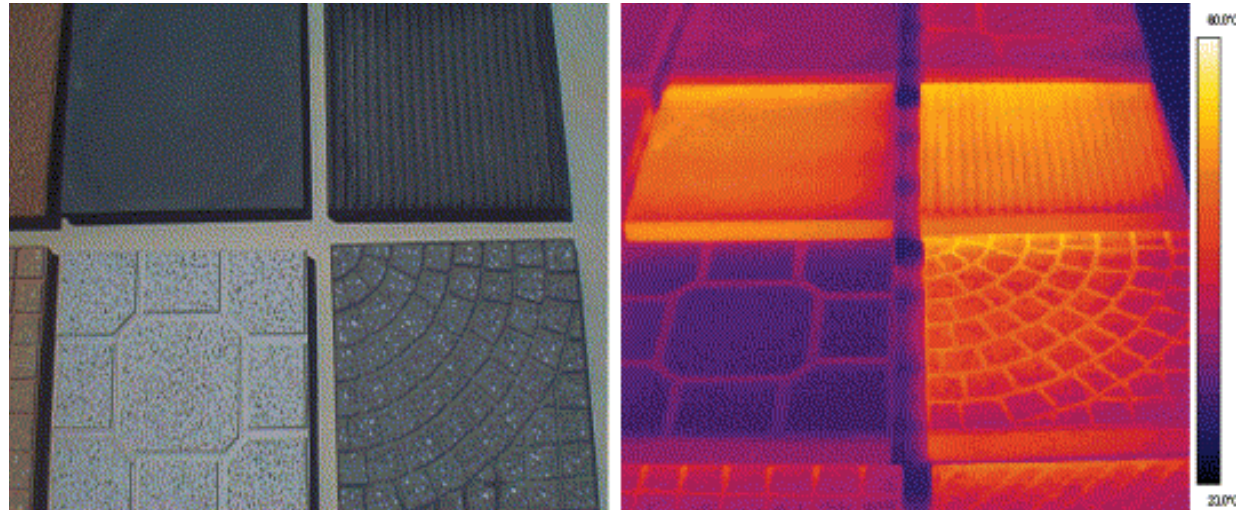


Valori di temperature superficiali in estate-giorno ad Atene





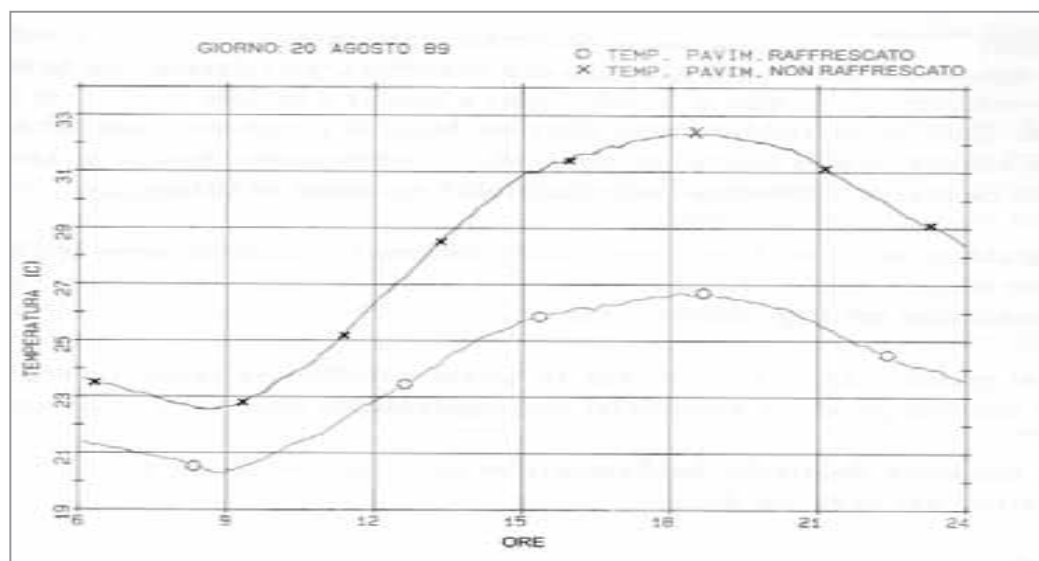
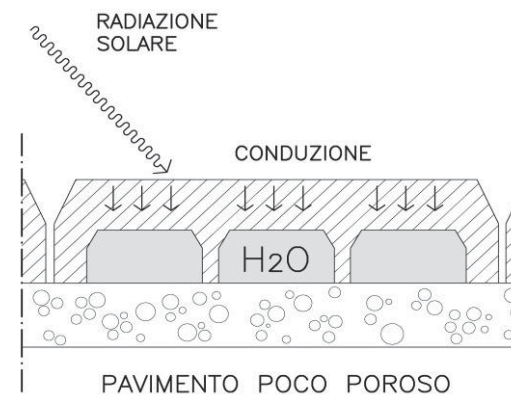
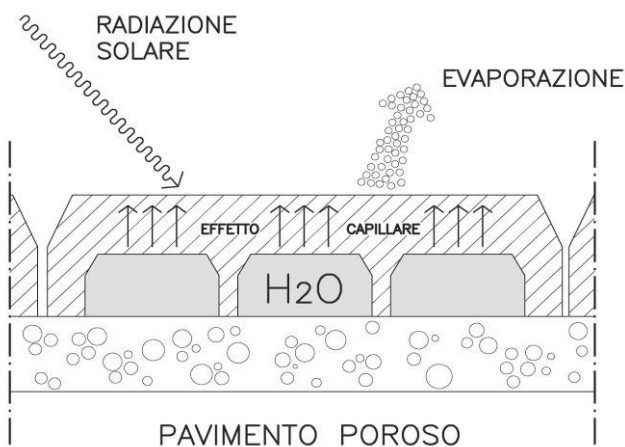
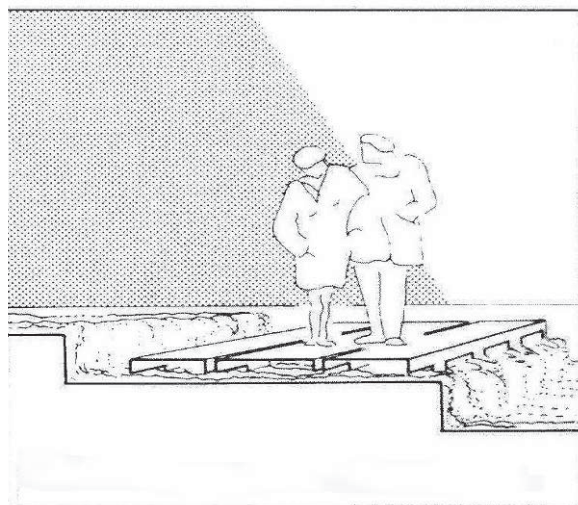
## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico







## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

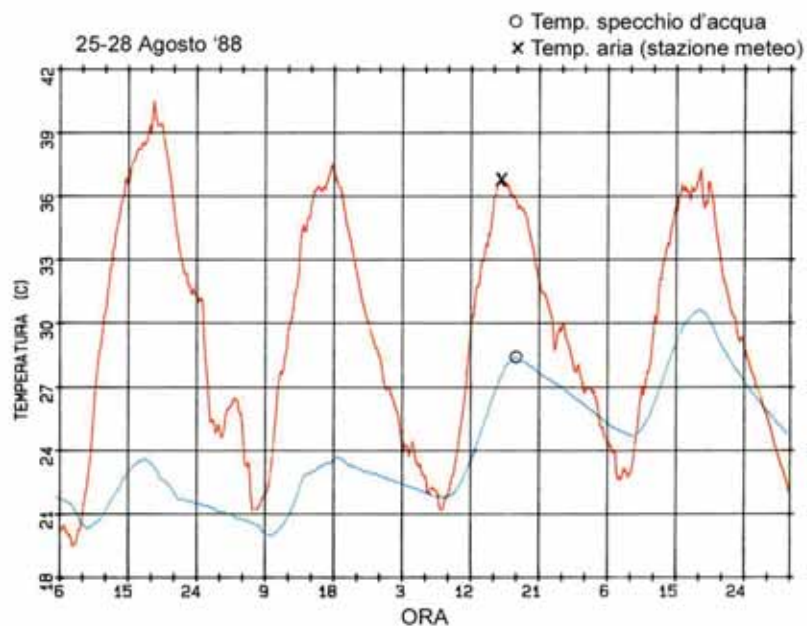


Pavimenti raffreddati con acqua: materiali porosi e materiali compatti



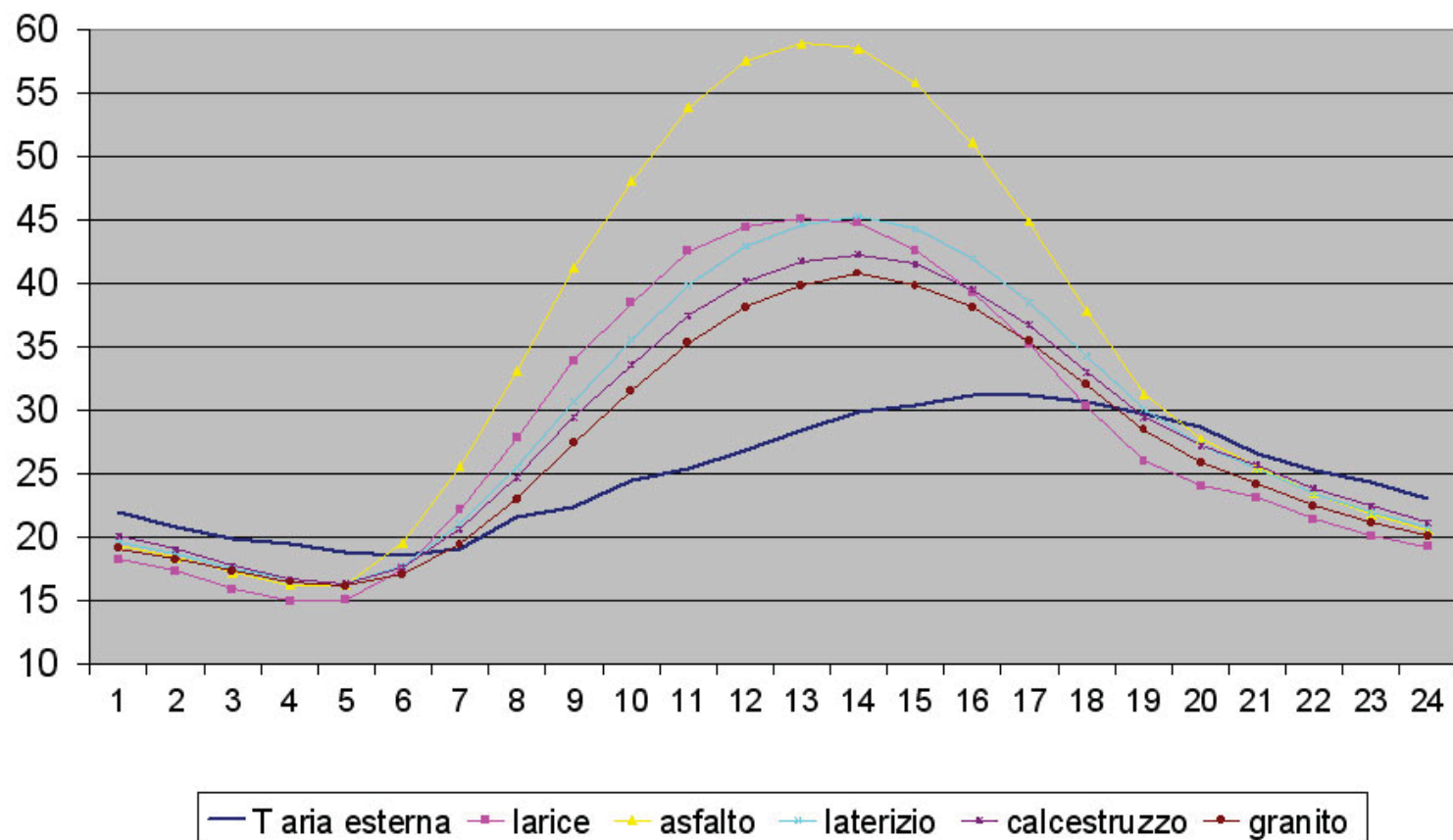


## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico



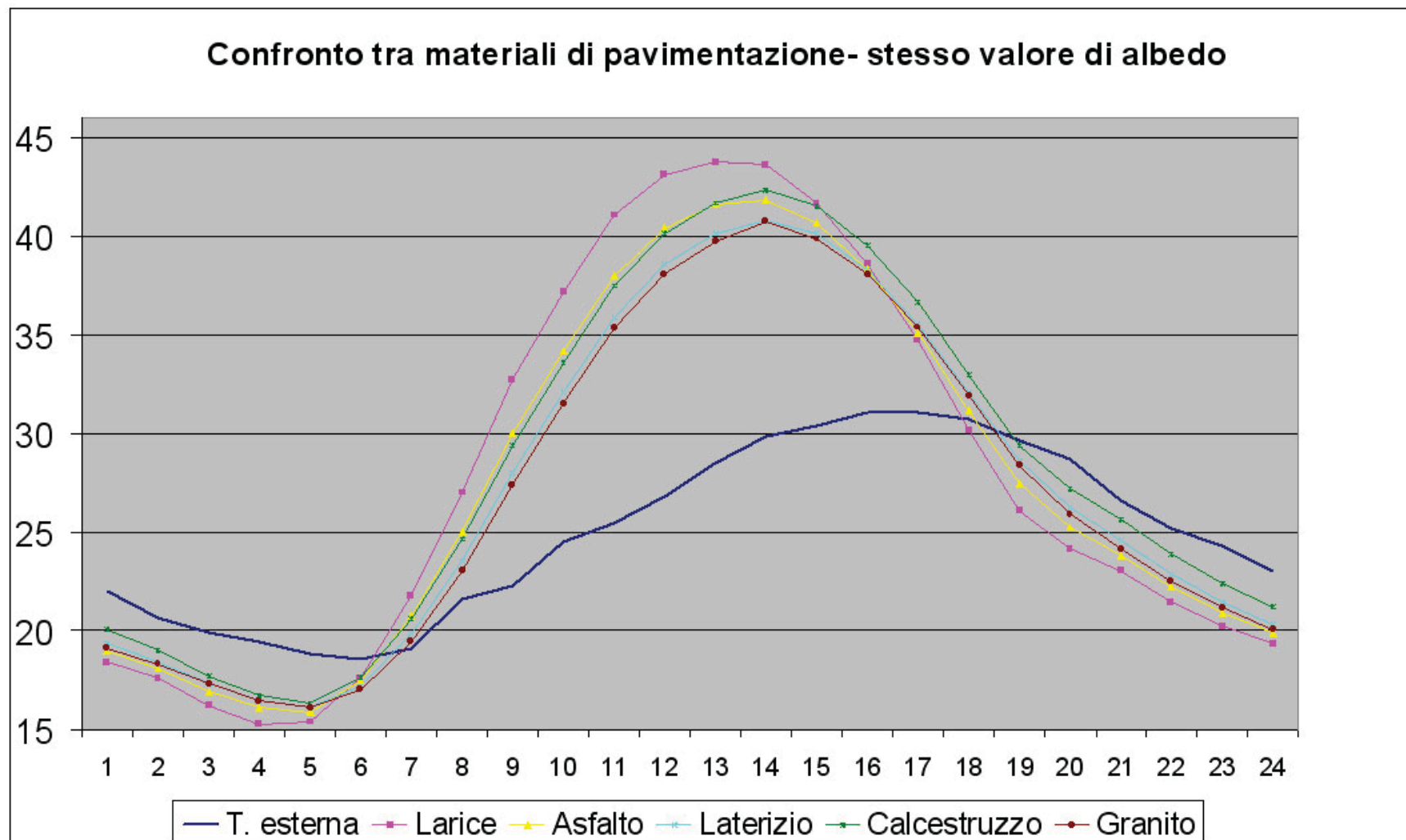


Confronto tra materiali di pavimentazione- valore di albedo reale



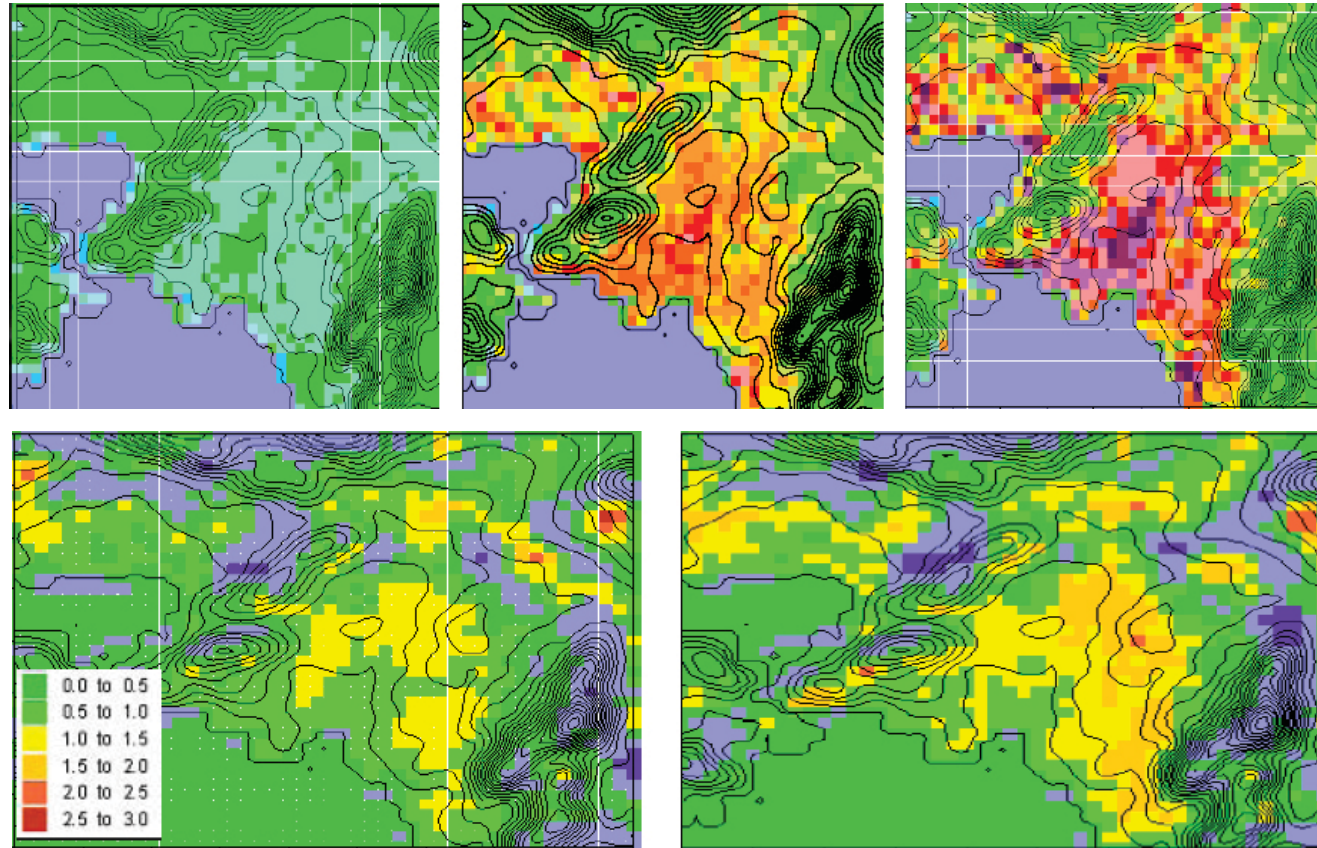


## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico





### L'impatto delle vernici riflettenti sulle aree urbane

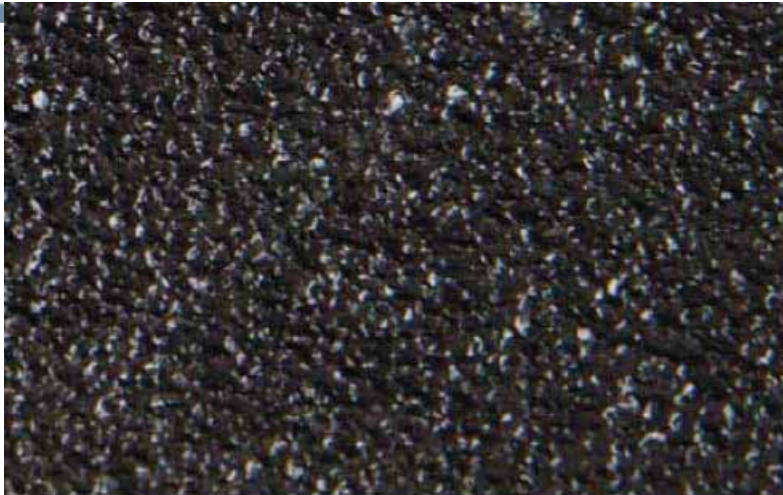


Dalle simulazioni emerge che le aree con maggiori superfici ad albedo elevato presentano temperature superficiali più basse. Il maggior impatto si ha nelle ore centrali della giornata, tra le 12 e le 13. in media quando si passa da un albedo 0,25 a 0,85 si ha una diminuzione della temperatura media dell'aria di 1-2°C.





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico



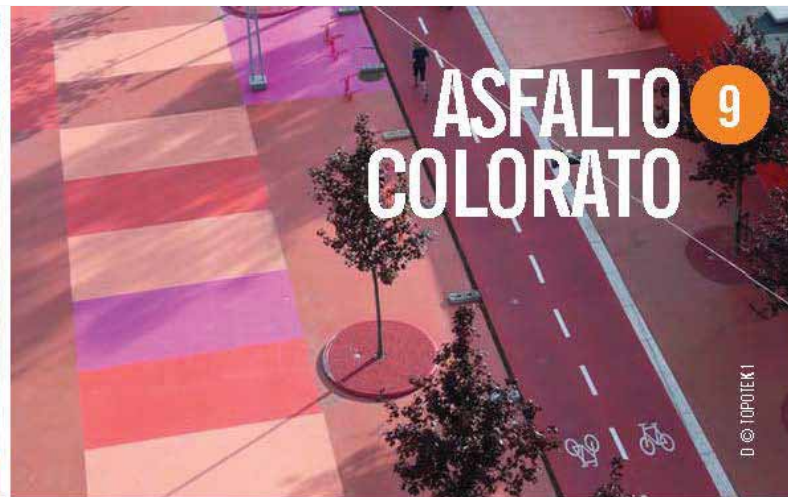
L'asfalto, è un materiale bituminoso, viscoso e nero che con sabbia o ghiaia, viene usato per pavimentare strade e per impermeabilizzare muri e coperture.

È uno dei materiali conosciuti dall'uomo fin dall'antichità. Grazie all'asfalto le città si sono modificate e sviluppate, soprattutto dall'800, incentivando mobilità, commercio, turismo.

Tuttora l'asfalto è molto utilizzato per la realizzazione di strade a causa della facilità di posa, manutenzione ed economicità.



## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

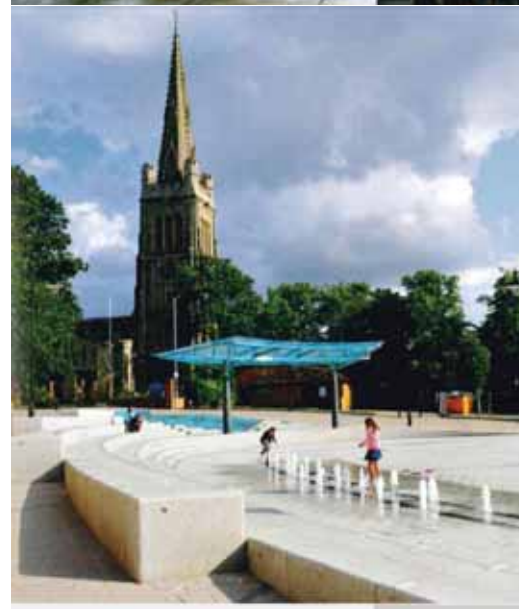
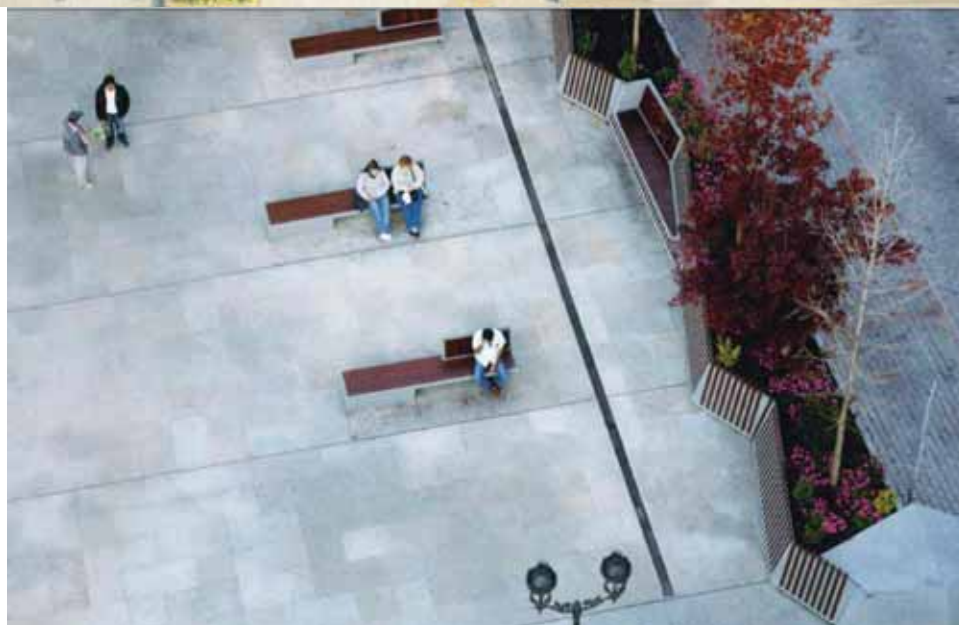


L'asfalto colorato consente di coniugare le caratteristiche e le funzioni dell'asfalto nero con le esigenze di differenziare porzioni di strade e aree e ottenere con poca spesa pavimentazioni di maggior pregio, ma anche più sicure. Si può ottenere sia attraverso la colorazione del manto di copertura, oppure attraverso la modifica dell'asfalto. Nel primo caso bisogna distinguere se la superficie è destinata ad una bassa o media/alta percorrenza dei veicoli. Nel caso di pavimentazioni prevalentemente pedonali la vernice si stende a rullo o a spatola su un massetto di cls o sul tappetino bituminoso.





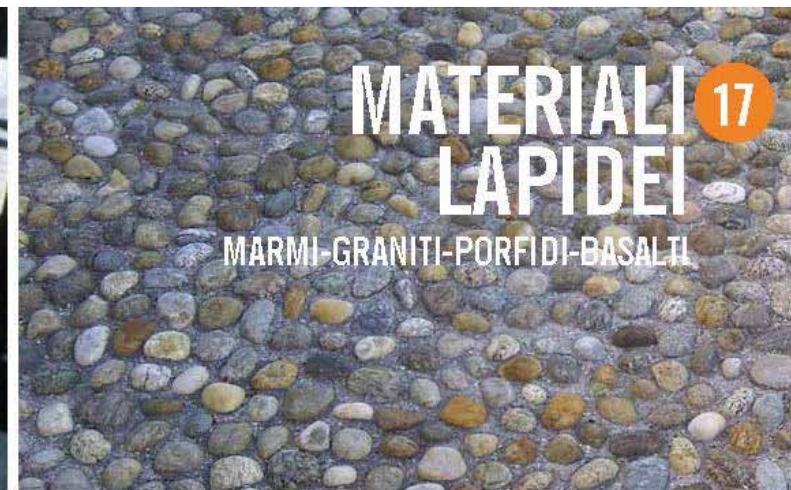
## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico







## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico



I materiali maggiormente adoperati sono i porfidi, il basalto, i graniti i calcari compatti, i marmi, le arenarie e le pietre. Ciottoli di cava, fiume o mare sono tuttora usati per realizzare pavimentazioni a mosaico. Le pavimentazioni prendono nomi diversi a seconda della posa e trattamento della pietra. I più comuni sono:

- i ciottolati, con sassi a spigoli quasi arrotondati e facilmente reperibili nei corsi d'acqua dei fiumi, in mare o nelle cave.
- il selciato, realizzato da elementi di forma cubica o parallelepipedica
- i lastricati, realizzati con lastre di pietra di dimensioni adeguata per sfruttare al meglio i blocchi di pietra che si estraggono dalle cave e ridurre il fenomeno del cullamento, che si può presentare quando un veicolo entra in contatto con il bordo dell'elemento.





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico



Il calcestruzzo è un materiale formato da una matrice cementizia e da aggregati. L'utilizzo negli spazi urbani, è legato non solo alle prestazioni di resistenza, ma anche alla sua economicità e alla facilità nella manutenzione. Nelle pavimentazioni esterne è possibile usare dei trattamenti che migliorano la resistenza all'usura, agli agenti atmosferici e alle sostanze chimiche, ma è anche necessario garantire la pendenza necessaria per evitare l'accumulo dell'acqua.

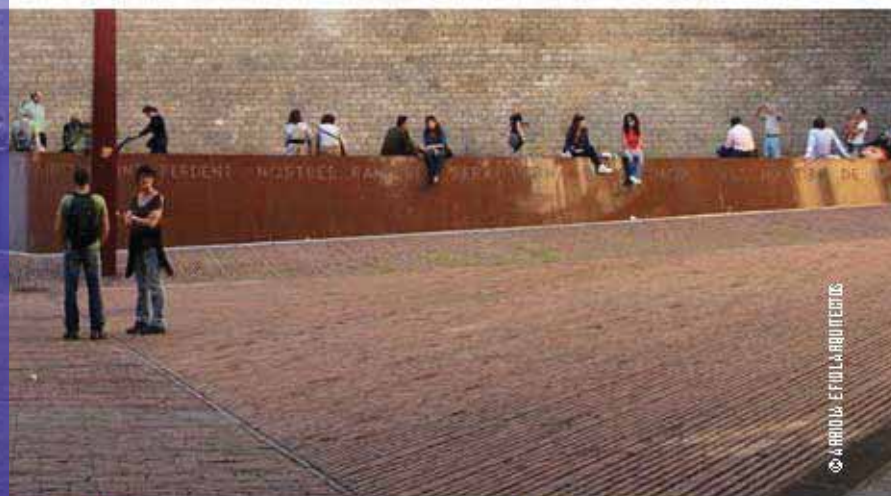
Con queste caratteristiche, le pavimentazioni in cls per esterni garantiscono una notevole durabilità; possono resistere tranquillamente agli sbalzi di temperatura, consentendo una manutenzione contenuta

## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

Il laterizio è uno dei materiali più antichi dell'edilizia, così come il suo uso nelle pavimentazioni stradali. Gli elementi per le pavimentazioni in laterizio si suddividono, in base ai formati ed alle tipologie, in pianelle, cioè elementi per pavimentazione a forma di lastra, mattoni, cioè elementi per pavimentazione di forma 'tozza', con lato di usura di forma rettangolare, usati prevalentemente per ambienti esterni, anche interessati da traffico veicolare, sestini, la cui forma deriva dal taglio longitudinale dell'elemento base. Tra i difetti vi è l'eccessiva permeabilità e la gelività. Sulle superfici non trattate adeguatamente si possono manifestare anche delle efflorescenze prodotte dai sali contenuti nelle argille.



LATERIZI 16



© VARDIA EFILARHITECTS

ADATTABILITÀ

PERMEABILITÀ

ORNAMENTALITÀ

COMFORT



## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico



Le principali proprietà fisiche del legno sono la resistenza, l'elasticità, la durezza, la rigidità e la densità (che fornisce l'indicazione delle proprietà meccaniche). La resistenza varia con il grado di stagionatura o di umidità del legno e con la direzione della venatura. Il legno possiede una grande resistenza alla compressione: in alcuni casi, proporzionalmente al peso, è superiore a quella dell'acciaio ed ha bassa resistenza a trazione e una discreta resistenza al taglio. Il legno usato come materiale da costruzione nell'edilizia deve essere elastico e molto resistente alla compressione.

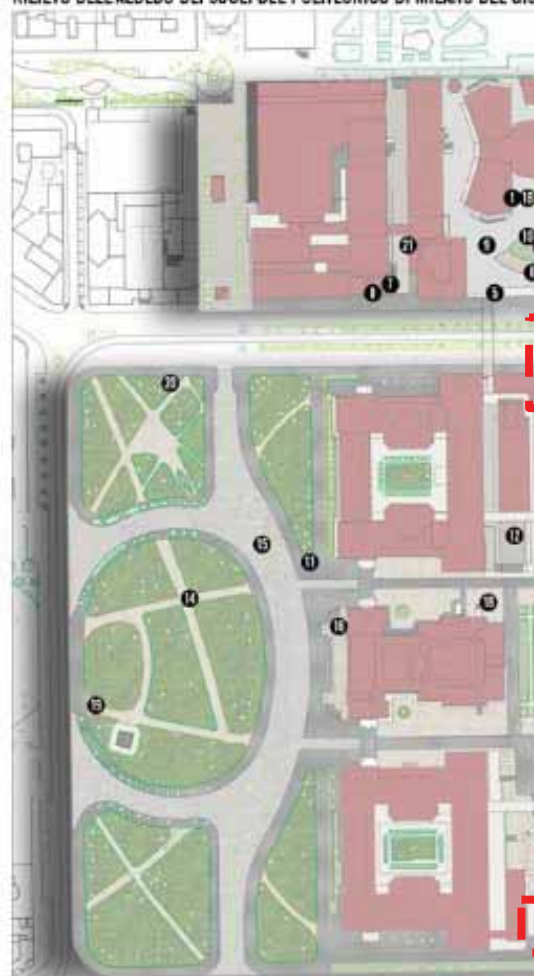
Calore specifico (quantità di calore necessario per innalzare la  $T$  di  $1^{\circ}\text{C}$ ) è più basso di altri materiali edili



## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

Materiali urbani caldi e freddi

RILIEVO DELL'ALBEDO DEI SUOLI DEL POLITECNICO DI MILANO DEL GIORNO 21 LUGLIO 2015, PUNTI CAMPIONE



RILIEVO DELL'ALBEDO DEI SUOLI DEL POLITECNICO DI MILANO DEL GIORNO 21 LUGLIO 2015 CON TEMPERATURA AMBIENTE DI 36,9°C

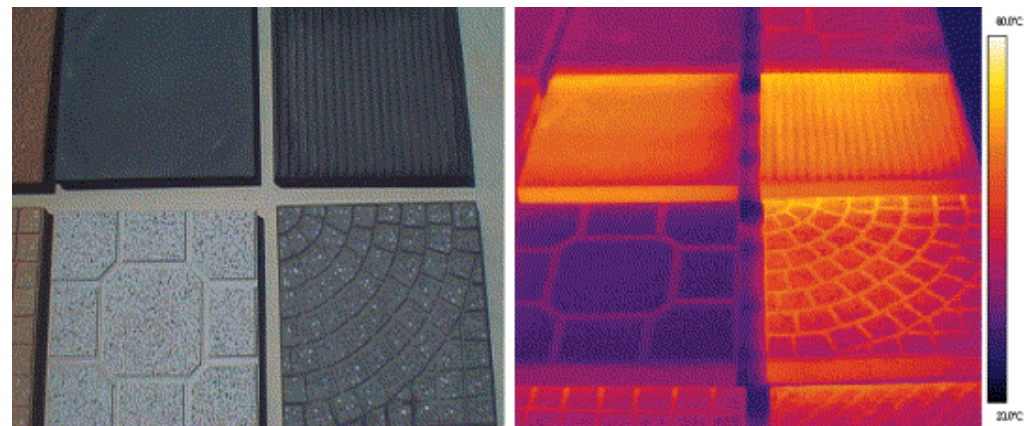
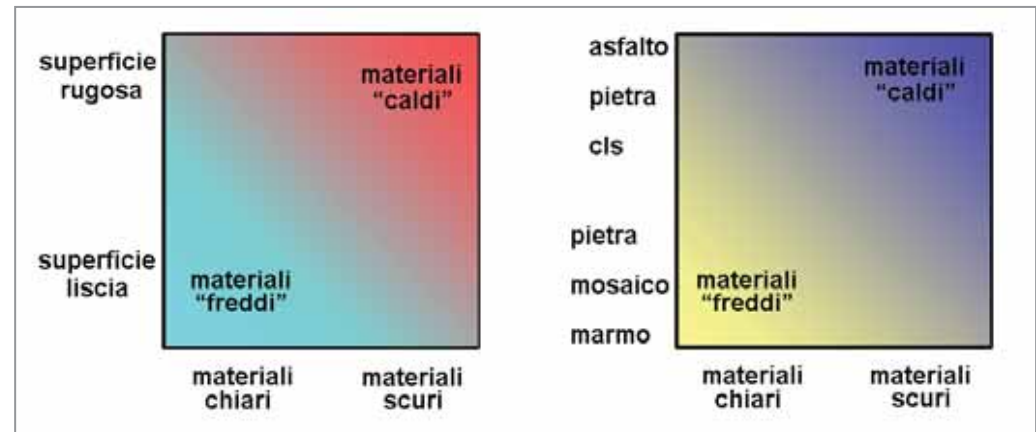
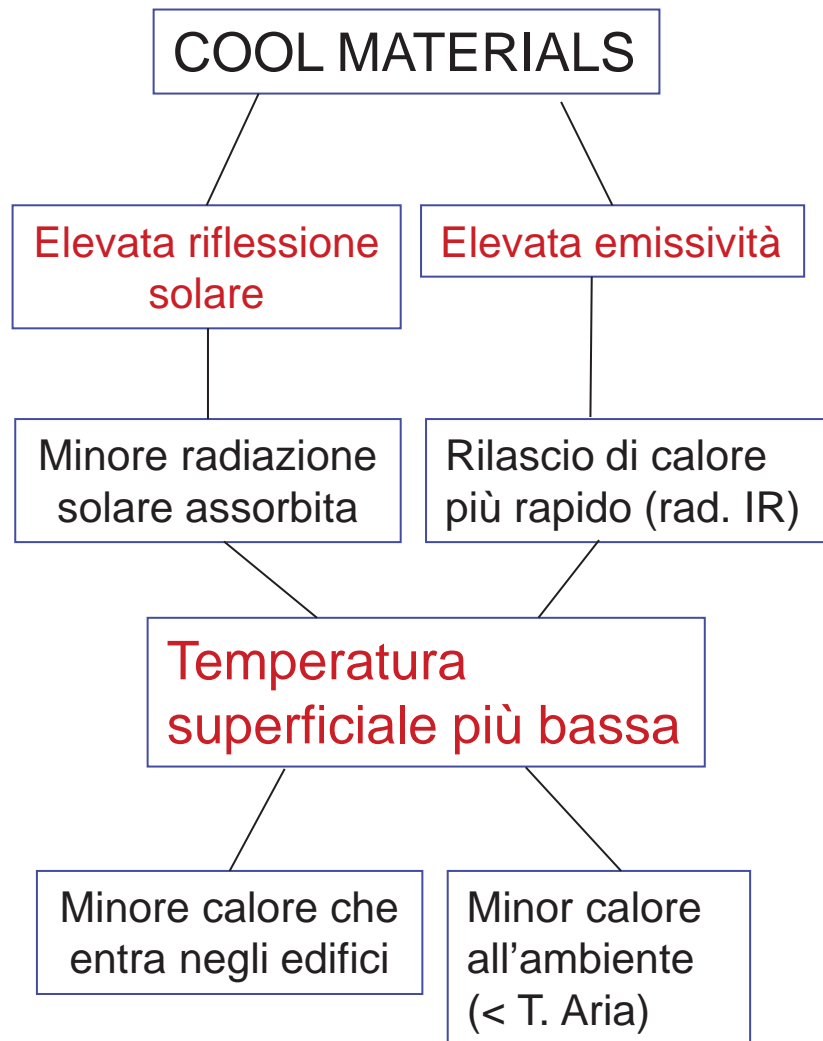
Posizione	Materiale	Radiazione Solare incidente $W/m^2$	Albedo	Orientamento	T. Superficie °C
1	ASFALTO	800	0,13	Orizzontale Verticale	54,0
	CEMENTO	344	0,26		49,0
1B	VETRO	365	0,38	V	40,4
2	PRATO VERDE	765	0,21	0	28,0
	ERBA SECCA	795	0,19	0	42,2
3	PORFIDO	768	0,13	0	44,5
	CEMENTO	482	0,22	V	45,5
4	PILASTRO				
	RIVESTIMENTO	429	0,33	V	44,0
	PARETE				
	ASFALTO	856	0,14	0	56,5
5	METALLO	810	0,11	0	100,0
6	CEMENTO	776	0,14	0	52,5
	RAMPA				
7	RIVESTIMENTO	272	0,17	V	41,0
	PARETE				
8	GRANITO	760	0,22	0	44,5
	ACCIAIO	249	0,33	V	20,57
9	ASFALTO	820	0,09	0	53,5

Temperatura dell'aria = 36,9 °C



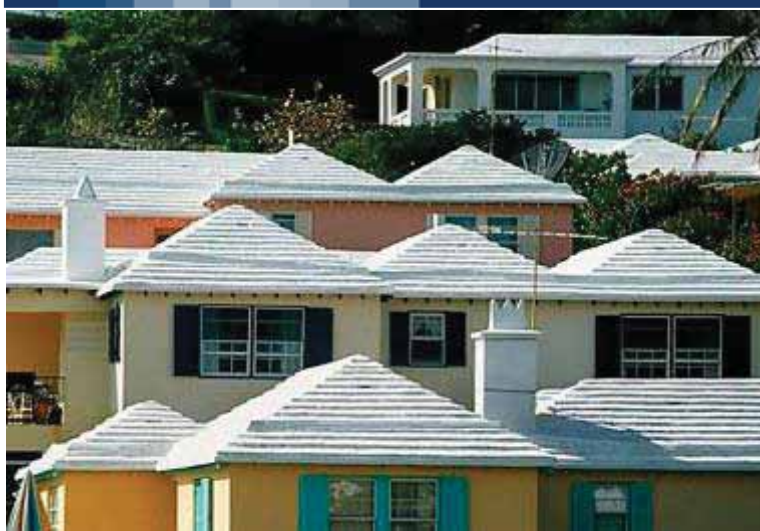


## Cool materials





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico



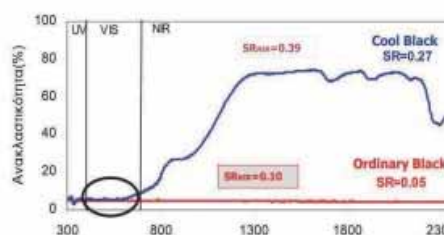
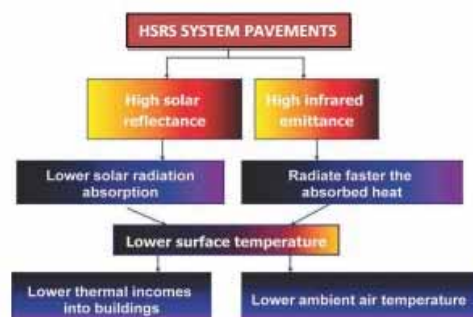
# I cool materials

I cool materials sono materiali caratterizzati da elevata riflettanza solare, ottenuta attraverso l'utilizzo di tinte chiare (tipicamente il bianco) o con colori più scuri, trattati però con speciali pigmenti riflettenti all'infrarosso vicino, che aumentano la riflettanza nel vicino infrarosso mantenendo la risposta cromatica desiderata. Se raggiunti da radiazione solare, l'elevata riflettanza gli permette di limitare l'innalzamento della temperatura superficiale. Un'alta emissività inoltre favorisce il rilascio termico in fase notturna del calore immagazzinato durante le ore diurne, con effetti sulla riduzione del flusso di calore rilasciato all'ambiente.

# Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

## HSRS System Pavements

- Contributes to "Urban Heat Island" mitigation
- Mitigates the consequences of the Global Warming phenomenon
- Creates thermal comfort conditions
- Cool & Colored
- Environmentally and user friendly



## HSRS System Concrete Blocks



### DOUBLE T

The new "heavy weight" champion of Watery International Group. With a height of 80 millimeters (20 more than the height of all our pavers) is ideal for industrial exterior flooring in spaces with especially high demand in loads and traffic. So, we recommend its application for exteriors of factories, logistics centers, hypermarkets, transport companies, etc.



### CLASSIC

The simplicity of the classic paver with a rectangular shape and dimensions 100x200x60 mm combines advantages of installation and aesthetics. Classic squared style, with edges and right angles and 5 different installation patterns that will add finesse and glamour to your space.

### TRI STAR

The best-seller of Watery International Group!

Why? Because you have chosen it to be!

Is it the modern shape of the three hexagons, bound together forming a star? Or is it the 12 side faces which guarantee excellent interlocking features? What about its peculiar symmetry and its installation advantages? Maybe, it is all of these altogether!



### WAVE

The wave! If, instead of corners and edges, you prefer curves and continuity, this is the ideal shape to choose. Consecutive

## StreetBondSR Colors



## Solar Reflective Colors

		
Irish Cream (SRI = 50)	Khaki (SRI = 37)	Royal Blue (SRI = 33)
ASTM Method: E1980 Reflectance: .43 Emittance: .94	ASTM Method: E1980 Reflectance: .39 Emittance: .94	ASTM Method: E1980 Reflectance: .3 Emittance: .93
		
SR Terracotta (SRI = 33)	White (SRI = 73)	Sun Baked Clay (SRI = 52)
ASTM Method: E1980 Reflectance: .31 Emittance: .92	ASTM Method: E1980 Reflectance: .60 Emittance: .94	ASTM Method: E1980 Reflectance: .44 Emittance: .95
		
Fawn (SRI = 35)	Sandstone (SRI = 36)	SR Slate (SRI = 34)
ASTM Method: E1980 Reflectance: .31 Emittance: .93	ASTM Method: E1980 Reflectance: .32 Emittance: .94	ASTM Method: E1980 Reflectance: .31 Emittance: .91

\*Reflectance values are measured in accordance with American Standard of Testing Methodology (ASTM) C 1544. Emittance values are measured in accordance with ASTM C 1211. The SRI values of StreetBond are calculated according to ASTM C 1549-01.

precisely with their  
to physical samples





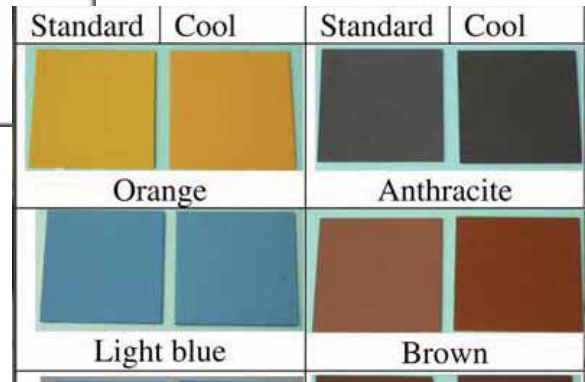
Figure 6. Reflective coating at Martin Luther King, Jr. Elementary School



*Architect: Quattrocchi  
Kwok*

*Landscape architect:  
Vallier Design Associates*

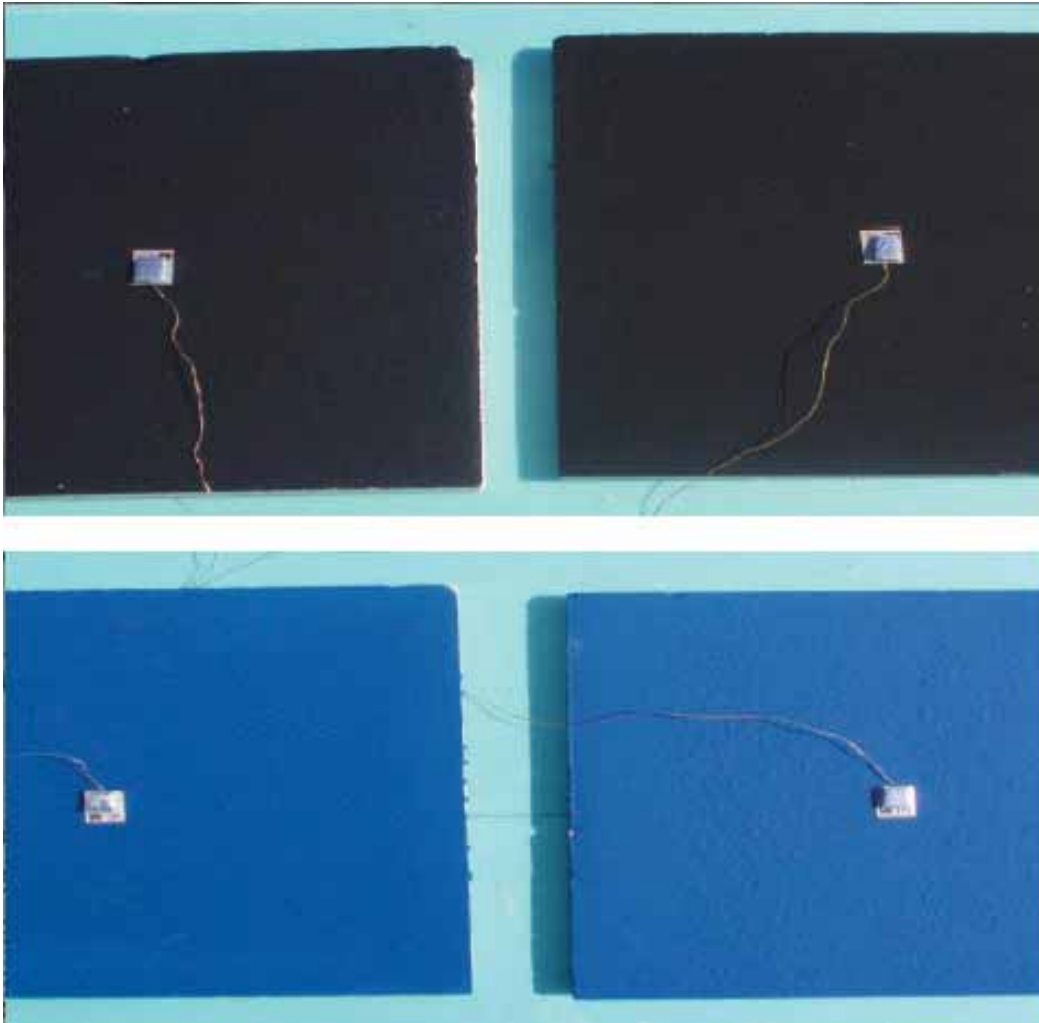






## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

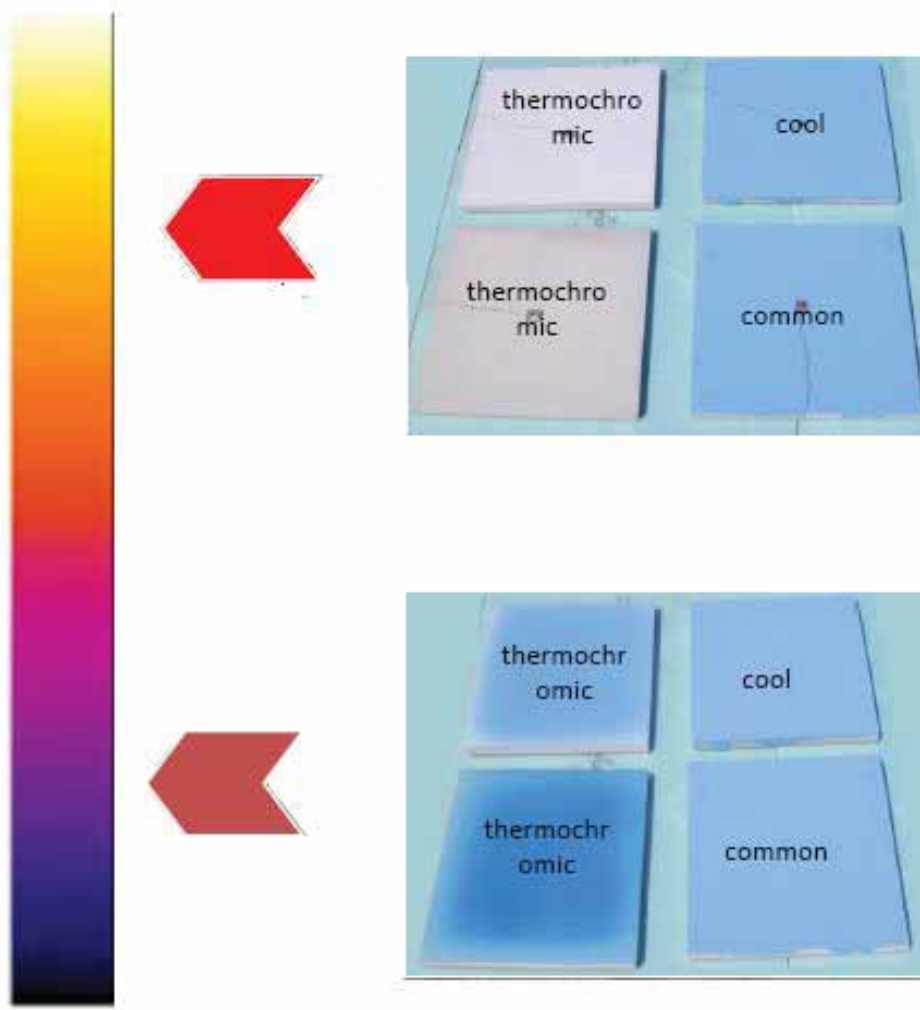
### Uso di PCM nelle vernici colorate altamente riflettenti



3 Per diminuire ulteriormente la temperatura superficiale delle finiture colorate altamente riflettenti sono state incorporate nella pittura microcapsule PCM contenenti paraffina (temperatura di cambiamento di fase =  $18^{\circ}\text{C}$ ). Le microcapsule hanno diametro di 17-20  $\mu\text{m}$  e protette esternamente da materiali polimerici.



## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico



Le finiture termocromiche cambiano colore in funzione della temperatura dell'ambiente.

Per temperature esterne basse, in inverno, la finitura può essere più scura andando ad assorbire maggior quantità di radiazione solare.

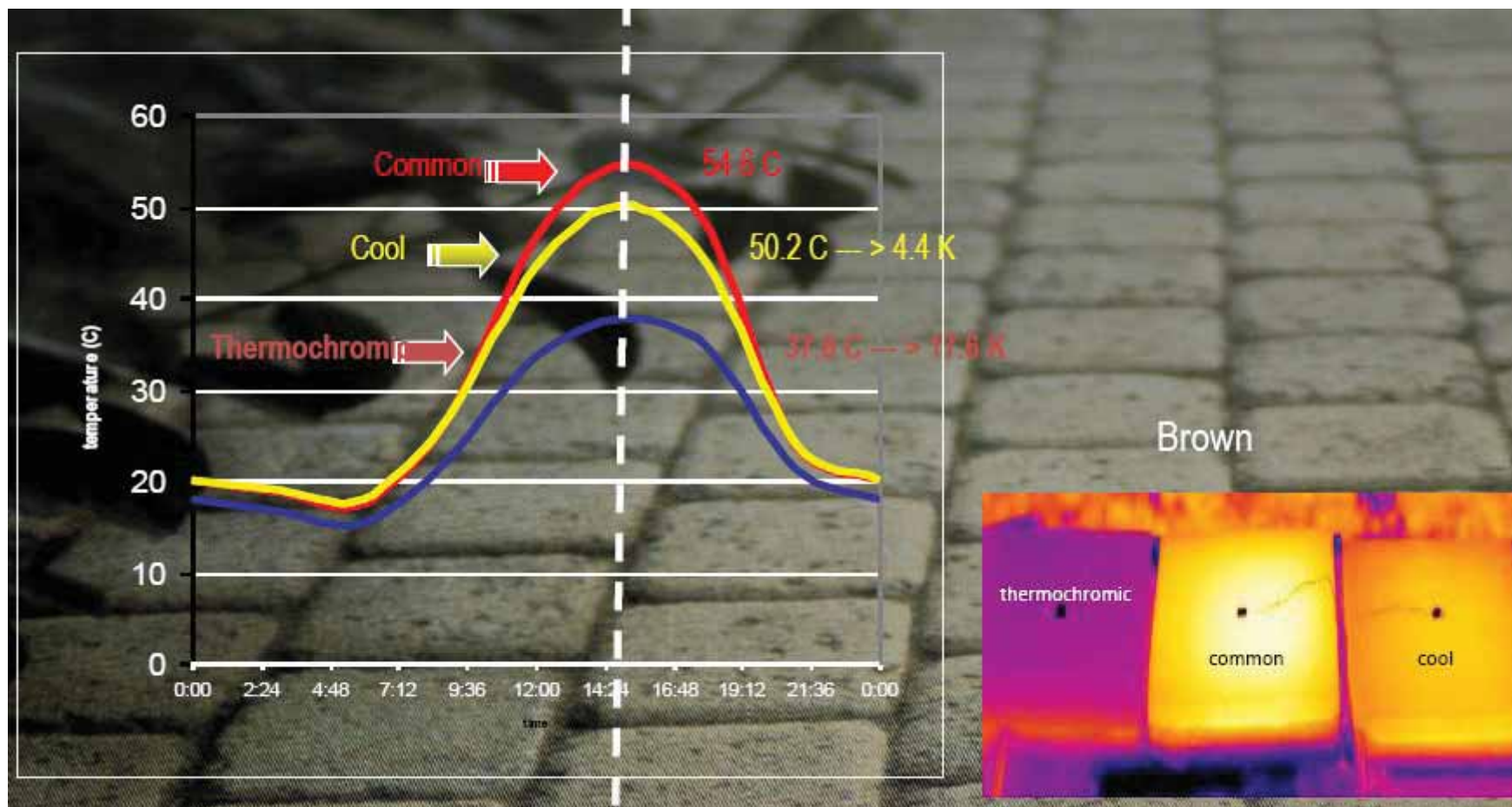
Per temperature più alte, in estate, la finitura diventa più chiara presentando una maggiore riflettanza.

Può presentare le migliori prestazioni lungo tutto l'arco dell'anno.





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico





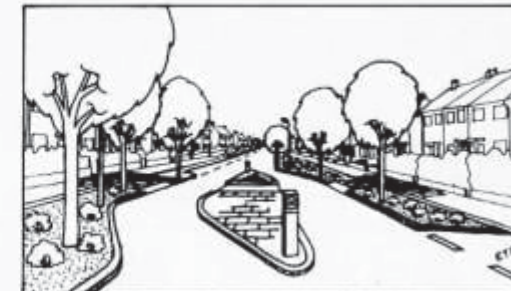
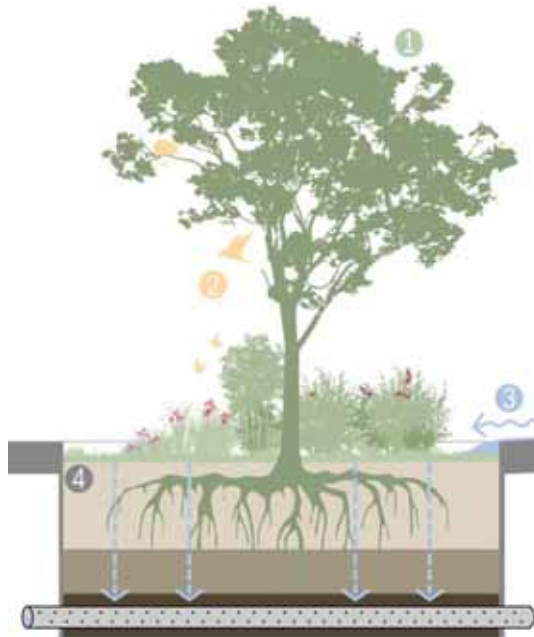
Le pavimentazioni drenanti in calcestruzzo sono durevoli, economiche e consentono di realizzare soluzioni progettuali personalizzate e eco-compatibili. I masselli autobloccanti sono una valida alternativa alla pietra naturale e al bitume per la pavimentazione di aree esterne e di parcheggio. Per le loro caratteristiche intrinseche le pavimentazioni trovano applicazione in contesti molto diversi, adattandosi a differenti esigenze d'intervento nelle pavimentazioni esterne, conservando economicità e prestazioni, fatta salva la necessità di porre attenzione sia alla progettazione sia alle operazioni di posa.





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

### De-paving







Prodotti fotocatalitici per la rimozione degli inquinanti



Edificio De Castilla 23, Milano



Padiglione Italia, Expo 2015, Milano



Urban Art, Milano

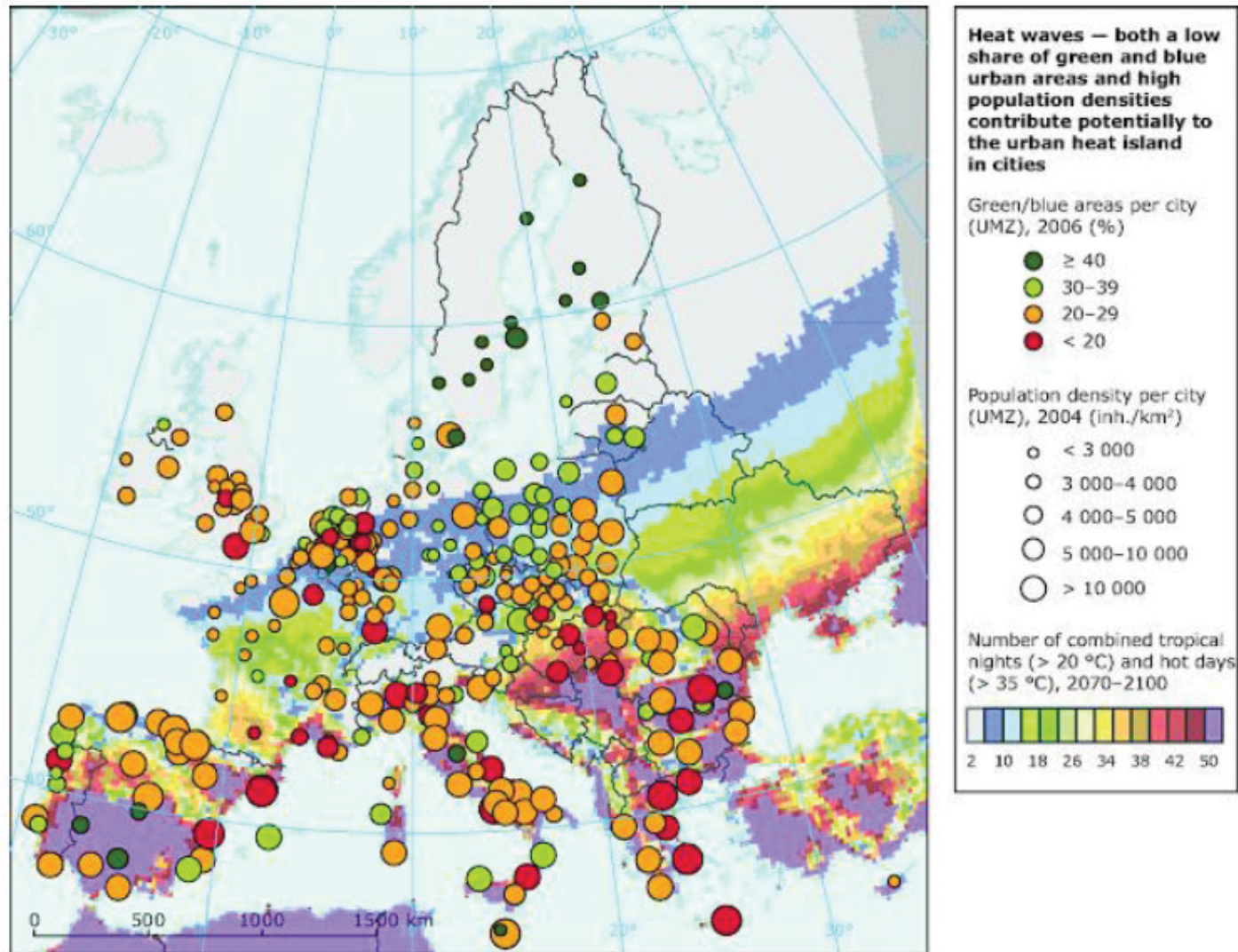


la vegetazione





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico



Ondate di calore -

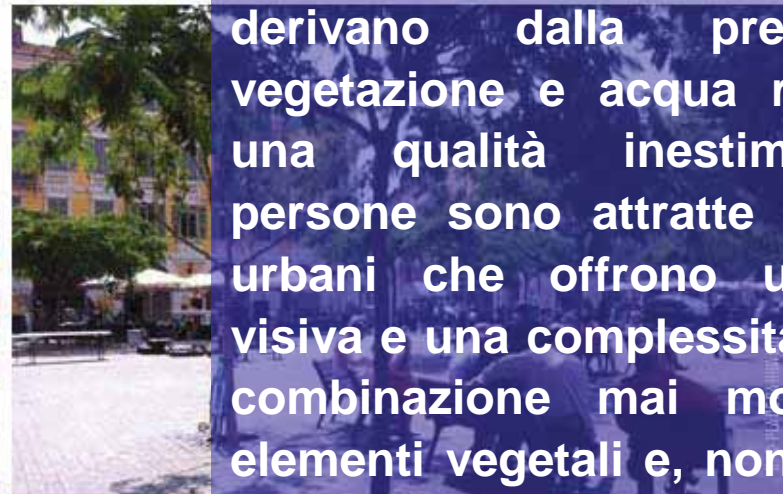
La bassa quantità di aree urbane verdi e blu assieme all'alta densità di popolazione contribuiscono potenzialmente all'incremento dell'isola di calore urbana in città

Source: The European Environment Agency, 2012. Heat waves





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico



SOCIALITÀ

ATTRATTIVITÀ

RAFFRESCAMENTO

COMFORT

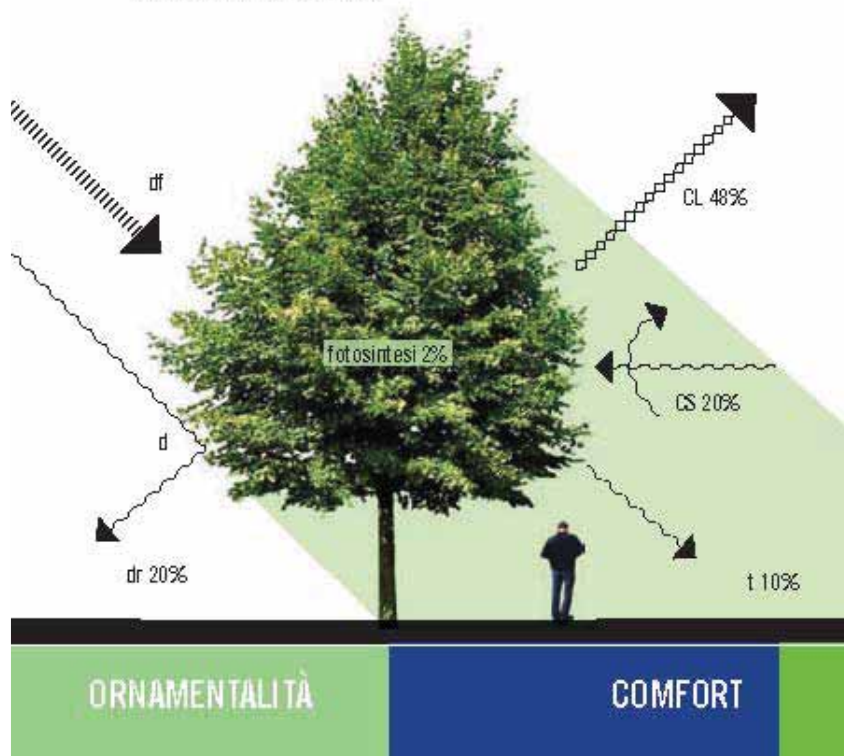
La forza catalizzatrice dell'elemento 'naturale' in uno spazio urbano è universale. La varietà di colori, odori, rumori che derivano dalla presenza di vegetazione e acqua rappresenta una qualità inestimabile. Le persone sono attratte dagli spazi urbani che offrono una varietà visiva e una complessità data dalla combinazione mai monotona di elementi vegetali e, non solo sono incoraggiate ad entrare ma, una volta dentro, sono molto più incoraggiate a sostare.



## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

### la vegetazione

Le piante utilizzano una minima parte della radiazione solare (RS) per la fotosintesi (2%), ne riflettono circa il 20% (dr) e il 10% (t) la trasmettono al terreno rimettendone il 20% sotto forma di 'calore sensibile' (CS) e il 48% in 'calore latente' (CL) attraverso un meccanismo naturale che abbassa la temperatura dell'aria: l'evapotraspirazione, cioè l'emissione di vapore acqueo.



## ALBERI 23

OMBRA ED EVAPOTRASPIRAZIONE  
INFLUENZARE LO STATO TERMICO

La vegetazione 3D (alberi) offre 4 tipi di contributi:

Ombra sulle persone (meno radiazione incidente)

Ombra su pavimentazioni e facciate degli edifici (temperature superficiali minori e ridotto ingresso di calore negli edifici)

Abbassamento dei valori di temperatura dell'aria

Abbassamento della MRT (minore scambio tra persona e ambiente → migliori condizioni di comfort termico)





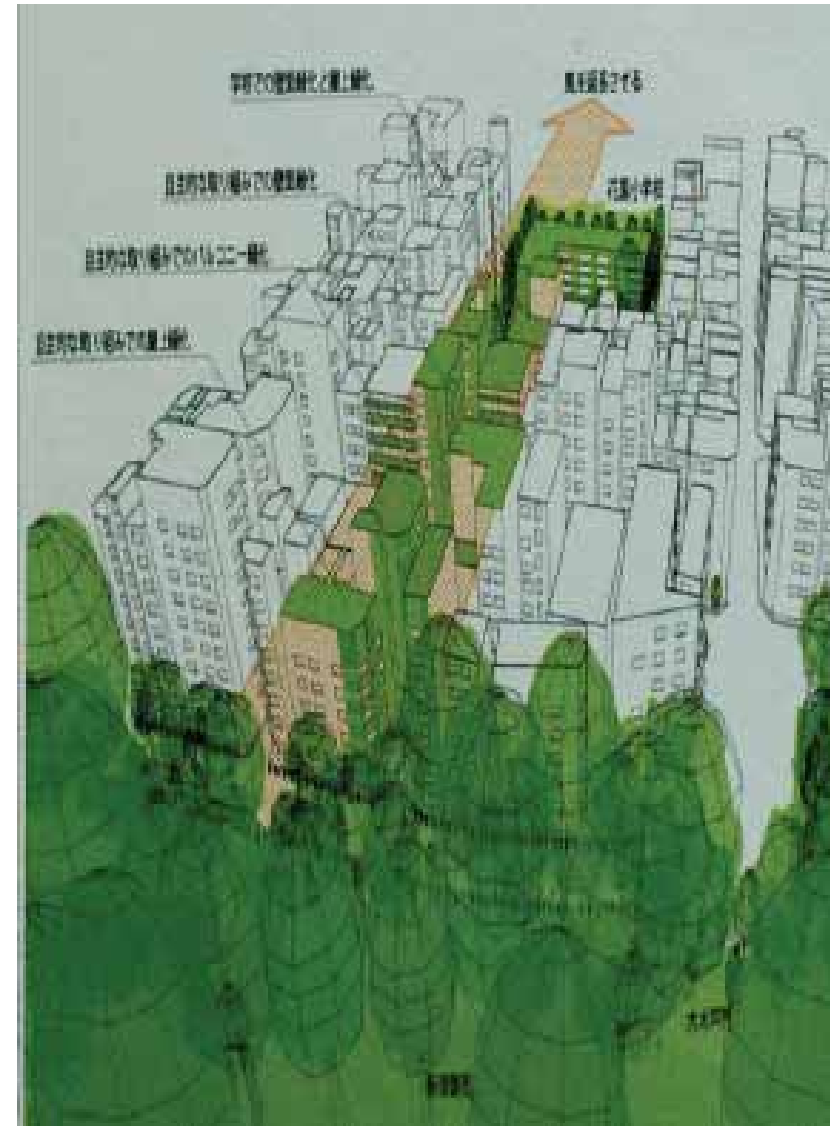
### la vegetazione

La presenza di un parco contribuisce a ridurre la temperatura dell'aria nelle vicinanze del parco **fino a 200-400 metri** dai margini di un ampio parco.

Le superfici verdi si possono incrementare grazie alla creazione di nuovi parchi urbani ma anche grazie all'uso **diffuso** all'interno del tessuto urbano, e anche nelle pareti e nelle coperture.

Per avere un effetto climatico significativo un parco deve avere **dimensioni di almeno 1 ha** (10.000 mq).

**È più utile dunque provvedere ad una rete di verde densa all'interno del area urbana**







## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico



Vari studi riportati in [www.EPA.gov](http://www.EPA.gov) hanno misurato le seguenti riduzioni:

L'evapotraspirazione, da sola o in combinazione con l'ombreggiamento, può aiutare a ridurre i picchi di temperatura dell'aria estiva.

Temperature di picco dell'aria nei boschetti di alberi → **5°C < aria su terreno aperto.**

Aree suburbane con alberi maturi da → **2 a 3°C < nuovi quartieri senza alberi.**

L'ombreggiamento riduce le temperature superficiali al di sotto della chioma degli alberi.

Ad esempio (vedere [www.EPA.gov](http://www.EPA.gov)):

Temperatura superficiale compresa **tra 11 e 25 ° C < nei muri e nei tetti di due edifici sotto la chioma degli alberi.**

Temperature delle pareti fino a **20°C < su facciate ricoperte di viti..**



### Scambi energetici tra vegetazione e ambiente

#### PROCESSI DI EVAPOTRASPIRAZIONE

L'evapotraspirazione comporta il passaggio dell'acqua, dallo stato liquido a quello di vapore. Questo passaggio comporta un assorbimento di energia termica: per ogni grammo di acqua evaporata occorrono 633 cal.

Una quantità di CALORE LATENTE elevata!  
Tale fenomeno in ambiente urbano contribuisce notevolmente a correggere situazioni di surriscaldamento estivo, riducendo localmente la temperatura.



### Il contributo della vegetazione



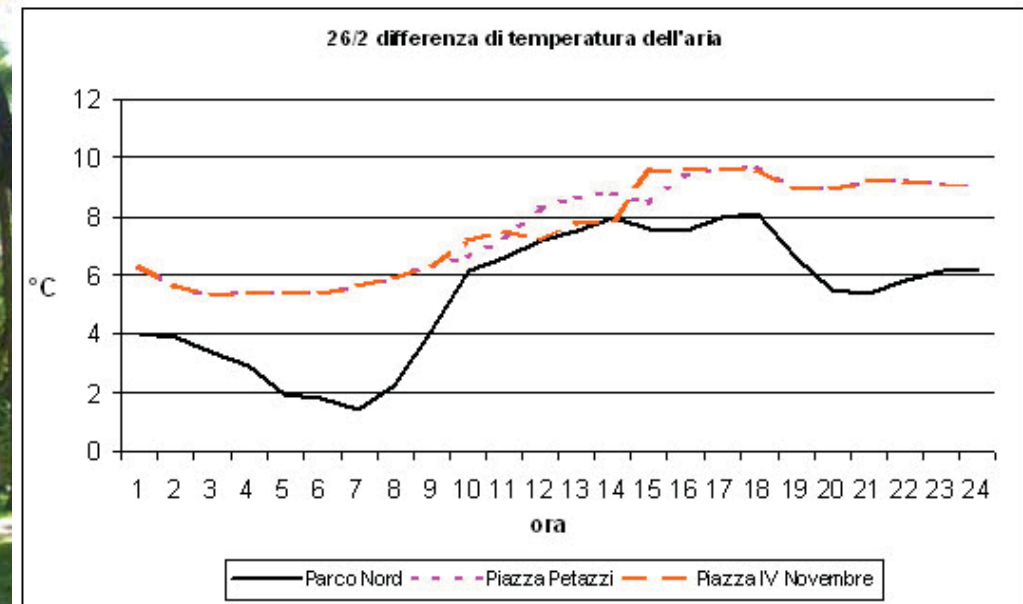
**UN ALBERO DI GRANDI DIMENSIONI NELLA SUA MATURITÀ EVAPORA ALCUNE CENTINAIA DI LITRI DI ACQUA AL GIORNO (FINO A 500) E PRODUCE UN RAFFRESCAMENTO TEORICO EQUIVALENTE DELLA CAPACITÀ DI 5 CONDIZIONATORI DI PICCOLA TAGLIA OPERANTI 20 ORE AL GIORNO**





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

### Il contributo della vegetazione





## Classificazione delle specie

**In un' AREALE - AREA DI DISTRIBUZIONE DI UNA SPECIE - è possibile classificare la vegetazione in funzione dell'origine.**

### **AUTOCTONA**

**Vegetazione originaria dell'areale che fa parte della vegetazione potenziale di un luogo e dove si moltiplica spontaneamente.**

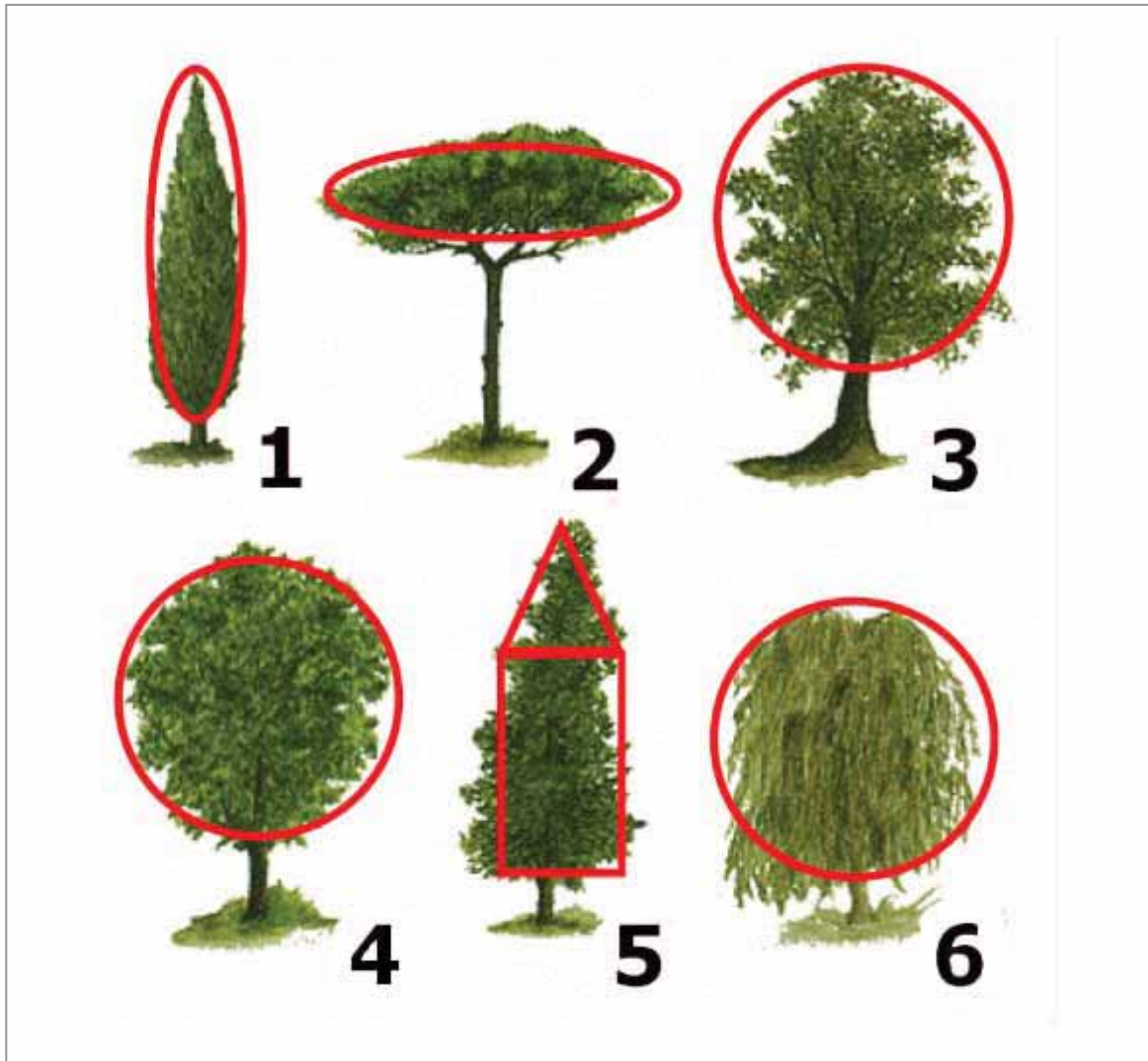
### **REALE, ALIENA**

**Vegetazione che si ha in un determinato luogo antropizzato per effetti diretti o indiretti dell'antropizzazione.**

La vegetazione reale può essere in grado di adattarsi meglio alle condizioni dell'ambiente antropizzato e svilupparsi più rapidamente.  
Esiste il rischio che alcune tipologie di essenze reali abbiano il sopravvento su tipologie autoctone



## Il portamento della vegetazione



Classificazione in  
base al portamento

- 1=fastigiato,
- 2=espanso,
- 3=ovoidale,
- 4=arrotondato,
- 5=conico,
- 6=piangente





## Classificazione in base al portamento

Portamento	Piante	Caratteristiche
1) Fastigiato (Slanciato) (Colonnare)	<i>Populus nigra</i> , <i>Quercus</i> , <i>Libocedrus</i> , <i>Cupressus</i> <i>sempervirens</i> , <i>Cupressus</i> <i>arizonica</i> , <i>Thuja</i> , <i>Taxus</i> <i>baccata fastigiata</i> , <i>Carpinus</i>	La chioma ed i rami che la determinano aderiscono al tronco formando angoli molto stretti di circa 30°
2) Espanso	<i>Catalpa</i> , <i>Cedrus Libani</i> , <i>Pinus pinea</i> , <i>Paulownia</i>	E' dato dalla divaricazione dei rami rispetto al tronco con il quale formano angoli di circa 90° con andamento orizzontale
3) Ovoidale	<i>Betula alba</i> , <i>Quercus</i> , <i>Tilia</i> , <i>Prunus</i> , <i>Acer</i> , <i>Juglans</i> , <i>Platanus</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Robinia</i> , <i>Sorbus</i> , <i>Cupressus</i> , <i>Pinus</i> <i>sylvestris</i> , <i>Pinus nigra</i> , <i>Fraxinus</i> , <i>Juniperus</i> <i>communis</i>	Predominanza dei rami centrali sui laterali che formano con il tronco angoli da 40° a 70° con andamento rivolto verso l'alto
4) Arrotondato	<i>Aesculus</i> , <i>Citrus</i> , <i>Olea</i> , <i>Sophora</i> , <i>Prunus pissardi</i>	I rami sono inseriti al fusto con il quale formano angoli da 40° a 70°
5) Conica	<i>Carpinus</i> , tutte le conifere, <i>Magnolia grandiflora</i> , <i>Sequoia</i> , <i>Cedrus atlantica</i> , <i>Taxodium distichum</i>	I rami si allontanano simmetricamente dall'asse principale formando angoli di 90°
6) Piangente	<i>Salix babilonica</i> , <i>Betula pendula</i> , <i>Fraxinus pendula</i> , <i>Sophora pendula</i>	I rami sono rivolti verso il suolo
7) Strisciante e Tappezzante	<i>Picea</i> , <i>Cotoneaster</i> , <i>Vinca minor</i> , <i>Hedera</i> , <i>Sagina subulata</i>	Piante che si sviluppano al suolo
8) Cespuglioso	<i>Berberis</i> , <i>Buxus</i> , <i>Viburnum tinus</i> , <i>Lauros nobilis</i> , <i>Mahonia</i>	Si tratta di un portamento più o meno compatto tipico di molti arbusti
9) Rampicante	<i>Ampelopsis</i> , <i>Clematis</i> , <i>Hedera</i> , <i>Jasminum</i> , <i>Wistaria</i> , <i>Polygonum</i>	Si differenziano a seconda del sistema di ancoraggio

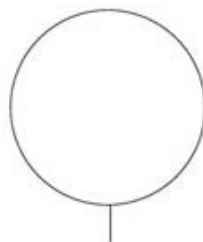


## Classificazione in base al portamento

A - Portamento arrotondato, esteso

Classe di  
grandezza

1

H > 16 m.  
S.I. L > 15

2

H 16-10m.  
S.I. L 15-8

3

H < 10 m.  
S.I. L < 8

Ombra

persistente

Albero isolato

150 m<sup>2</sup>80 m<sup>2</sup>30 m<sup>2</sup>15 m<sup>2</sup>

Filare

135 m<sup>2</sup>72 m<sup>2</sup>27 m<sup>2</sup>13.5 m<sup>2</sup>




Gruppo

120 m<sup>2</sup>64 m<sup>2</sup>24 m<sup>2</sup>12 m<sup>2</sup>

o (Ornamentale)



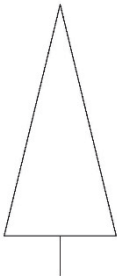
## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

B - Portamento fastigiato, colonnare, ovoidale				
Classe di grandezza	1 H>16 m. S.I. L varia in funzione del portamento	2 H 16-10m. S.I. L varia in funzione del portamento	3 H<10 m. S.I. L varia in funzione del portamento	
				
<b>Ombra persistente</b>	Ovoidale	Fast.,		
Albero isolato	40 m <sup>2</sup>	30 m <sup>2</sup>	30 m <sup>2</sup>	8 m <sup>2</sup>
Filare	36 m <sup>2</sup>	27 m <sup>2</sup>	27 m <sup>2</sup>	7 m <sup>2</sup>
Gruppo	32 m <sup>2</sup>	24 m <sup>2</sup>	24 m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>





## Classificazione in base al portamento

C – Portamento piramidale	
<b>Classe di grandezza</b>	<b>1</b> H>16 m. S.I. L> 15
	
<b>Ombra persistente</b> Albero isolato Filare Gruppo	100 m <sup>2</sup> 90 m <sup>2</sup> 80 m <sup>2</sup>



### Funzioni ed interazioni del Verde nell'ambiente urbano

**Il rapporto che intercorre tra ambiente urbano e verde può essenzialmente essere valutato secondo due chiavi di lettura:**

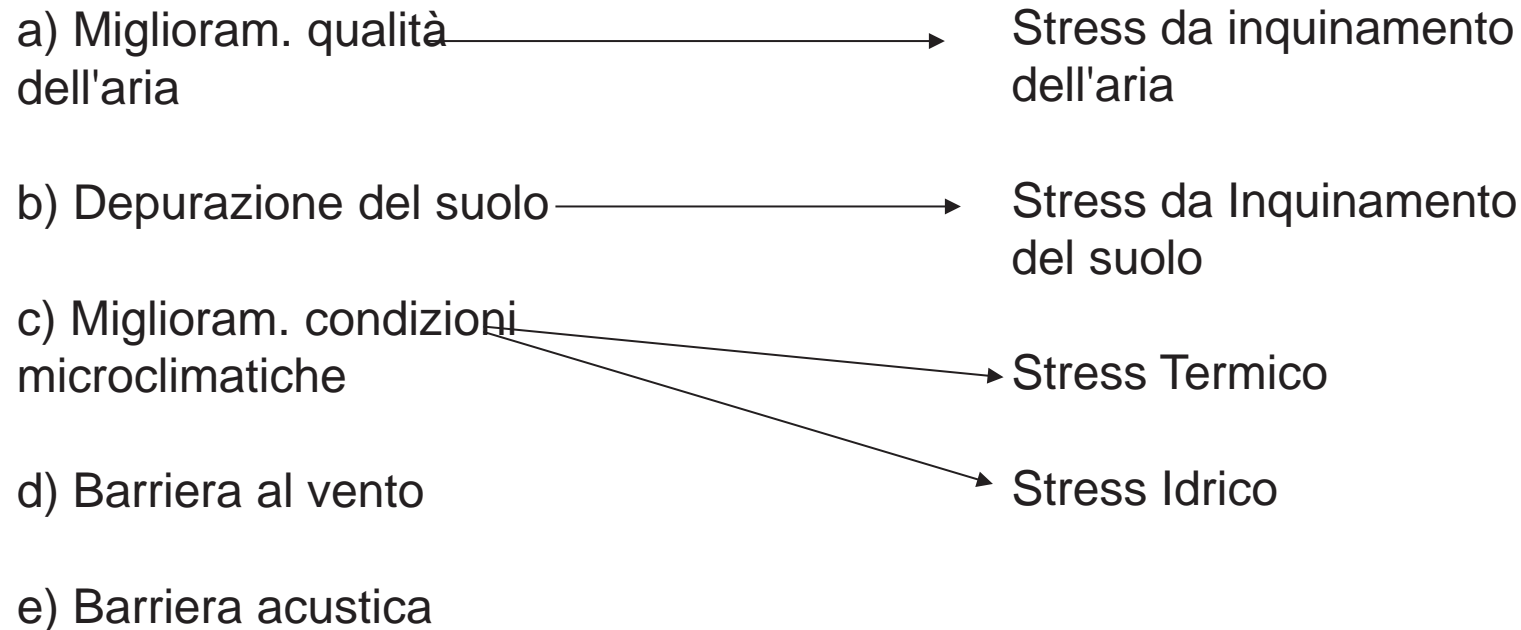
- **Miglioramento dell'efficienza ecologica e del microclima per effetto della vegetazione;**
- **Peggioramento della qualità ecologica della vegetazione in città per effetto di fattori combinati come l'isola di calore urbano o per effetto di cattiva progettazione o gestione.**



## Funzioni ed interazioni del Verde nell'ambiente urbano

### **Miglioramento efficienza ecologica e controllo microclima**

### **Peggioramento qualità vegetazione**







### a) Miglioramento della qualità dell'aria

La vegetazione in ambiente urbano può svolgere il ruolo di elemento filtrante per polveri e gas e costituendo passivamente un prezioso rilevatore della loro presenza.

Le specie vegetali reagiscono in maniera differente nei confronti di un certo inquinante.  
Le modalità di risposta sono:

- **MOLTO SUSCETTIBILE** (riportando danni anche a seguito di brevi esposizioni e a basse concentrazioni)
- **SUSCETTIBILI**
- **MOLTO RESISTENTE.**



## **a) Miglioramento della qualità dell'aria**

### **MODALITÀ DI RISPOSTA DELLE SPECIE**

**MOLTO SUSCETTIBILE:** Sono specie SPIA, in grado di assolvere al compito di monitorare i livelli di inquinamento dell'atmosfera.

**Le specie spia reagiscono, oltre che con l'indebolimento, anche con diversi sintomi:**

- **variazioni di sviluppo (riduzione asimmetrica);**
- **clorosi (colorazione ai margini o agli apici delle foglie, per disturbi a carico della clorofilla);**
- **necrosi (morte delle cellule del mesofillo).**



### a) Miglioramento della qualità dell'aria

#### MODALITÀ DI RISPOSTA DELLE SPECIE

**MOLTO RESISTENTE:** Le specie resistenti possono favorire la riduzione degli inquinanti atmosferici in ambiente urbano, in quanto in grado di eliminarli tramite assorbimento e successiva metabolizzazione.

La riduzione avviene attraverso l'azione svolta dalla superficie fogliare e nei tessuti vegetali, attraverso:

- disattivazione dei gas per assorbimento dei composti tossici;
- disattivazione dei composti stessi nei tessuti cellulari, per precipitazione ed immagazzinamento;
- utilizzazione dei composti medesimi, attraverso la metabolizzazione ossidativa delle piante.





### a) Miglioramento della qualità dell'aria

Valori di riduzione di alcune sostanze inquinanti nell'atmosfera, intorno alla vegetazione.

<b>MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)</b>	<b>2500</b>	<b>μ m g/mq ora</b>
<b>CLORO (Cl)</b>	<b>2000</b>	<b>μ m g/mq ora</b>
<b>FLUORO (F)</b>	<b>100</b>	<b>μ m g/mq ora</b>
<b>OSSIDI DI AZOTO (NO<sub>x</sub>)</b>	<b>2000</b>	<b>μ m g/mq ora</b>
<b>OZONO (O<sub>3</sub>)</b>	<b>80000</b>	<b>μ m g/mq ora</b>
<b>ANIDRIDE SOLFOROSA (SO<sub>2</sub>)</b>	<b>500</b>	<b>μ m g/mq ora</b>

Tratto da: BERNATZKY A., The contribution of trees and green spaces to a town climate, 1982



## **a) Miglioramento della qualità dell'aria**

### **MODALITÀ DI RISPOSTA DELLE SPECIE**

L'azione "filtro" è proporzionale al diametro delle particelle e risulta più efficace in foglie poco mobili e con epidermide rugosa.

L'efficacia della rimozione delle polveri è maggiore nelle conifere, piuttosto che nelle piante decidue.

**E' stata, infatti, registrata una diminuzione delle polveri nell'atmosfera pari al 38 - 42%, ad opera delle piante sempreverdi, e del 27-30%, da parte delle specie decidue.**



## b) Depurazione del suolo

Alcune specie vegetali sono in grado di svolgere un effetto di depurazione del suolo.

In particolare i FUNGHI: vengono utilizzati per la degradazione di scorie industriali e metalli pesanti.





### **c) Miglioramento del microclima**

Il miglioramento delle CONDIZIONI MICROCLIMATICHE per effetto della vegetazione è riconducibile a:

- a) RIDUZIONE DELLA RADIAZIONE SOLARE INCIDENTE SU EDIFICI OMBREGGIATI DA VEGETAZIONE
- b) MODIFICHE DEGLI SCAMBI RADIATIVI AD ONDE LUNGHE TRA LE SUPERFICI E L'AMBIENTE ESTERNO
- c) PROCESSI DI EVAPOTRASPIRAZIONE (quindi riduzione della temperatura dell'aria)



## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

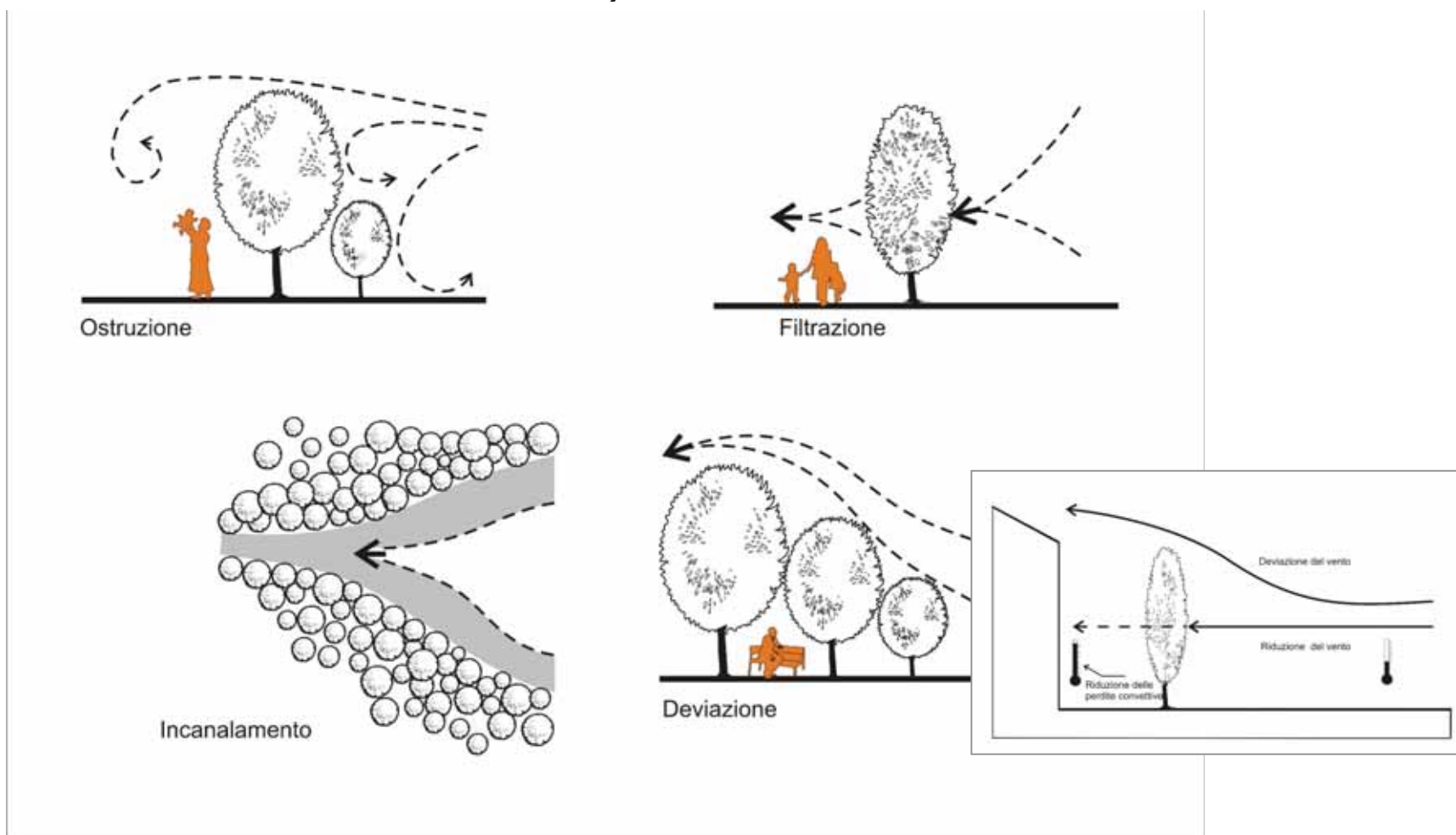
### Caratteristiche relative al coefficiente di trasmissione

NOME BOTANICO	COEFFICIENTI DI OMBREGGIAMENTO ( % DI TRASMISSIONE )	
	ESTATE	INVERNO
Acer platanoides	0.12	0.69
Acer rubrum	0.24	0.74
Acer saccharinum	0.17	0.71
Acer saccharum	0.16	0.69
Aesculus hippocastanum	0.11	0.73
Albizzia julibrissin	0.17	0.68
Amelanchier canadensis	0.23	0.57
Betula alba	0.18	0.62
Carya ovata	0.23	0.66
Catalpa speciosa	0.24	0.68
Celtis australis	0.08	0.53
Celtis occidentalis	0.12	
Crataegus laevigata	0.14	
Crataegus lavalleyi	0.11	
Eleagnus angustifoli	0.13	
Fagus sylvatica	0.12	0.83
Fraxinus excelsior	0.15	0.59
Ginkgo biloba	0.19	0.63



## L'effetto sulla ventilazione

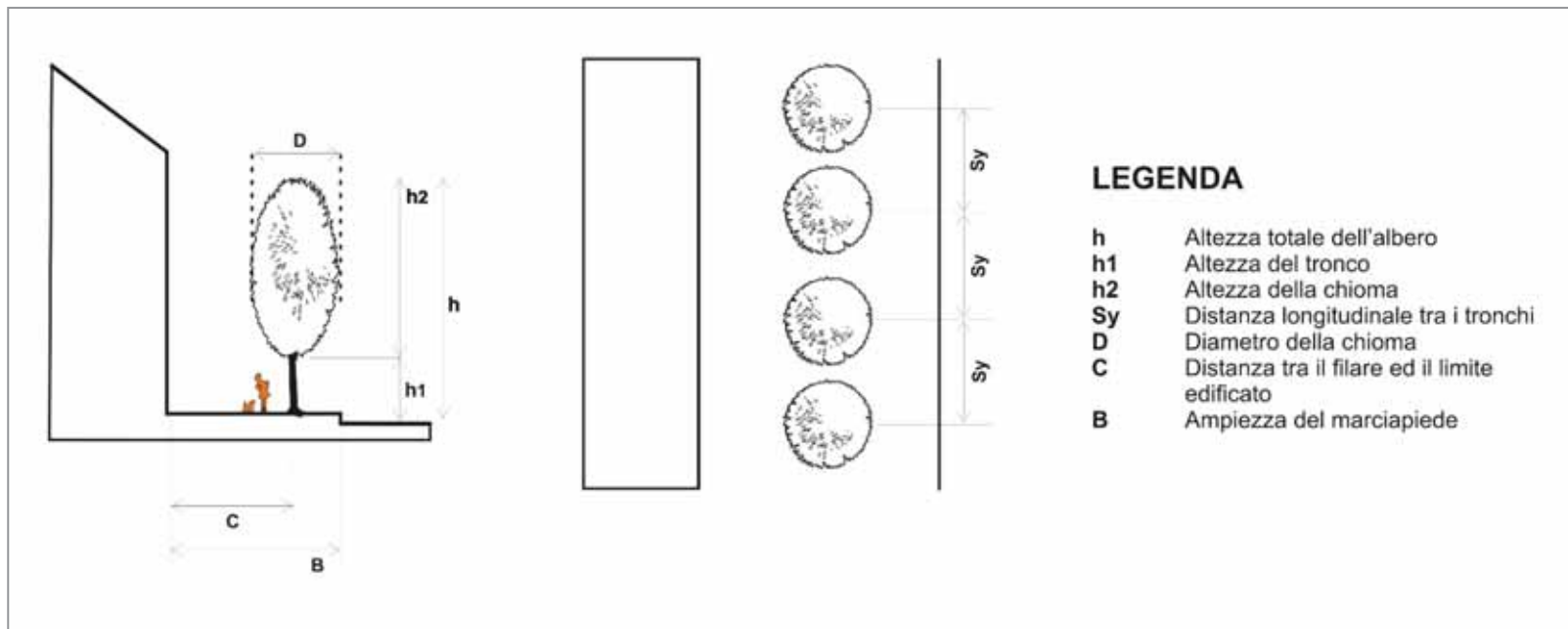
### d) Barriera al vento





## Alberatura nello spazio costruito

## Alberatura lineare

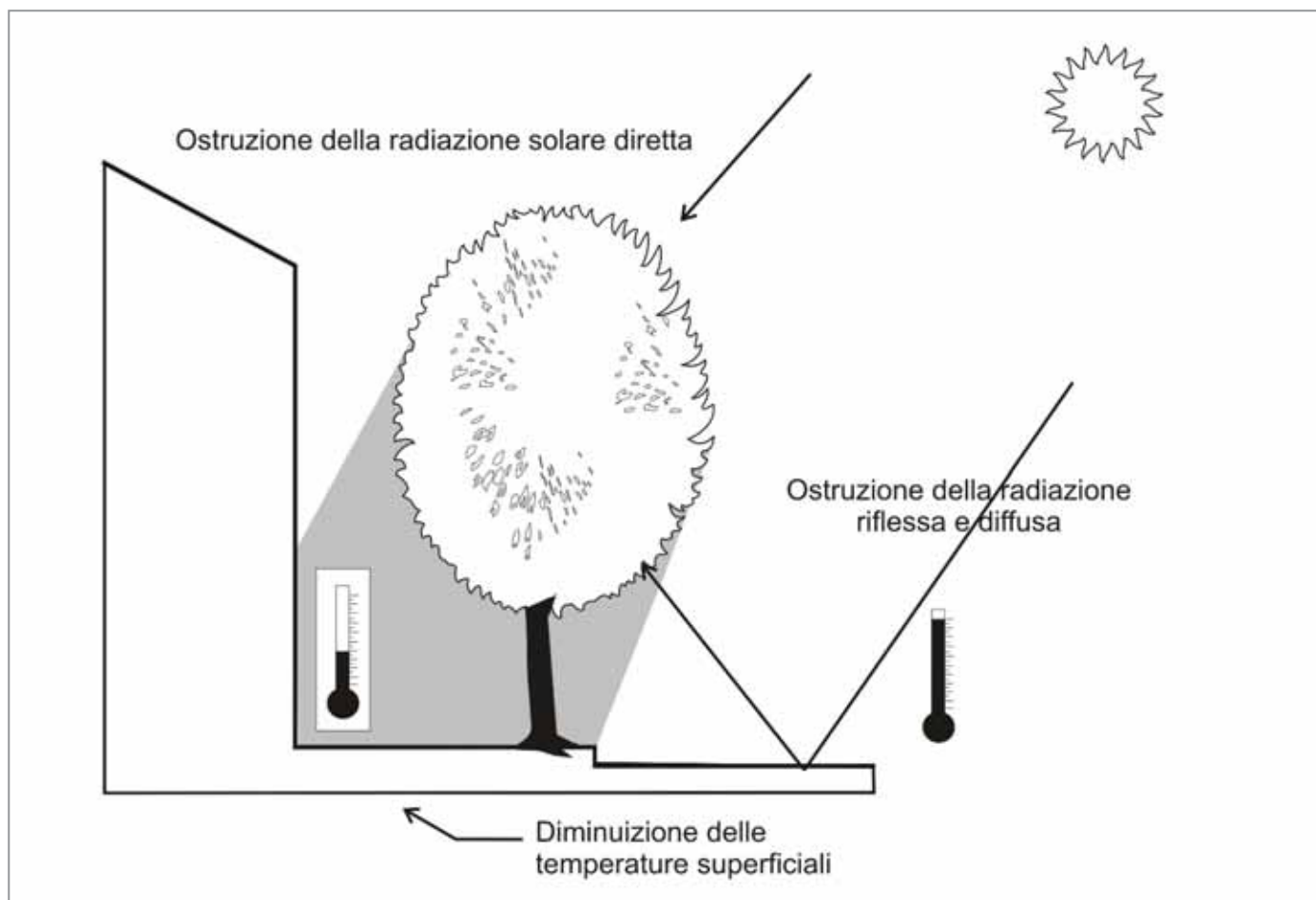






## Alberatura nello spazio costruito

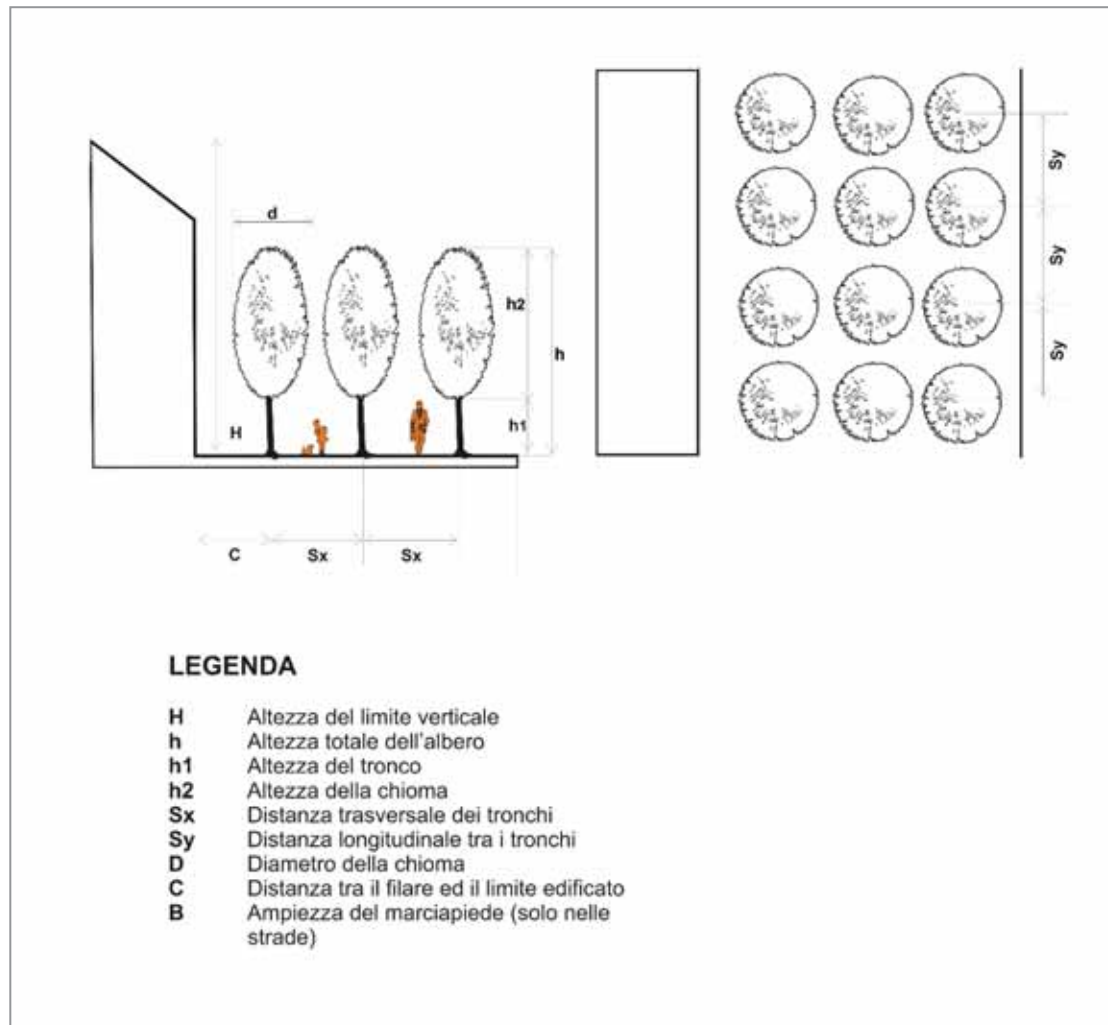
## Alberatura lineare





## Alberatura nello spazio costruito

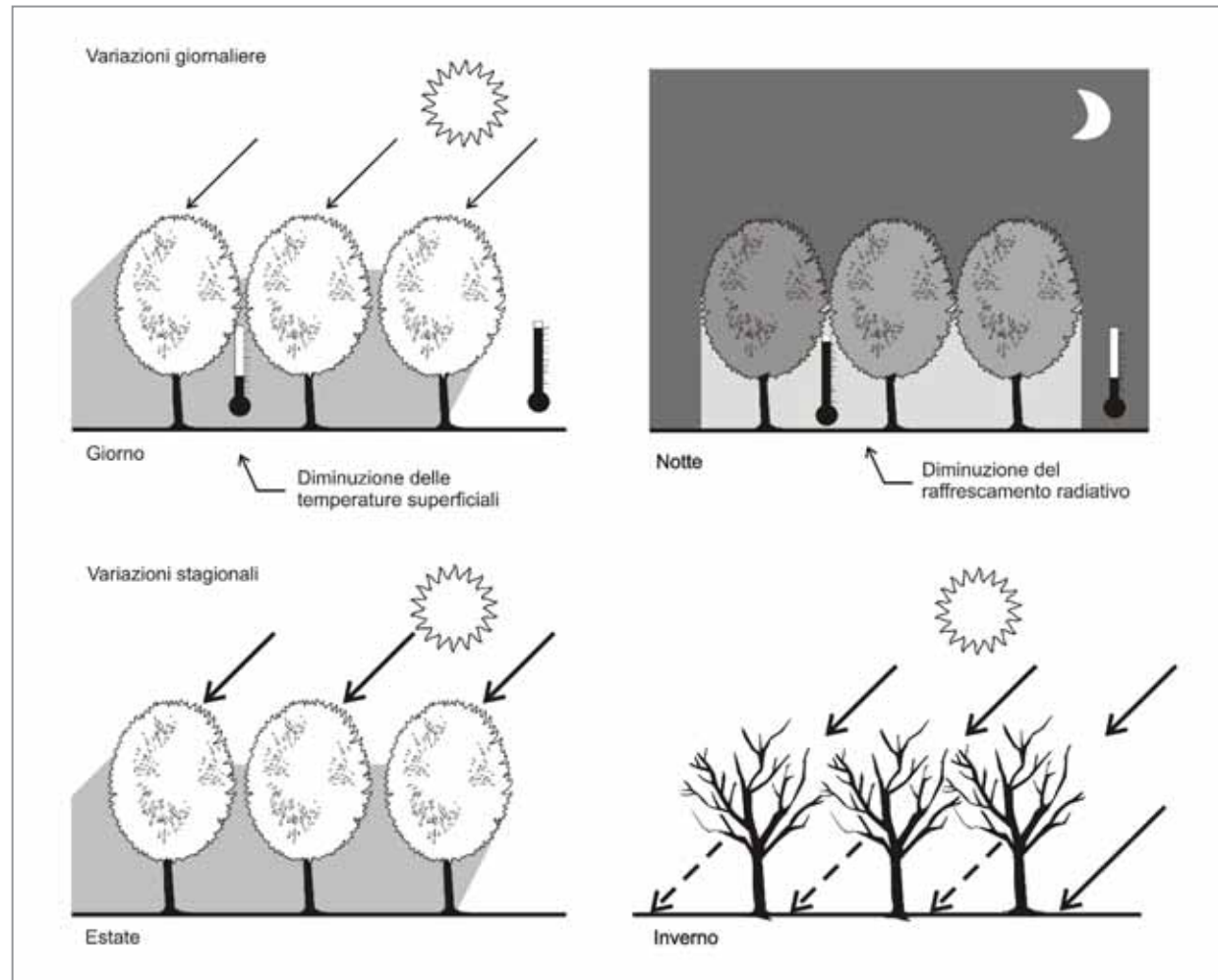
### Alberatura a gruppo





## Alberatura nello spazio costruito

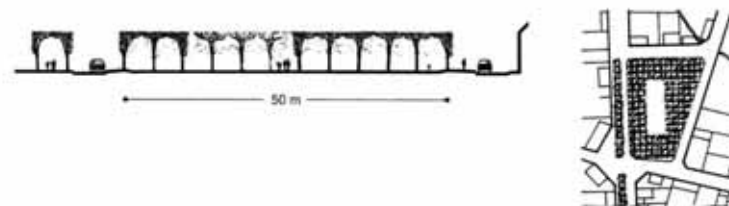
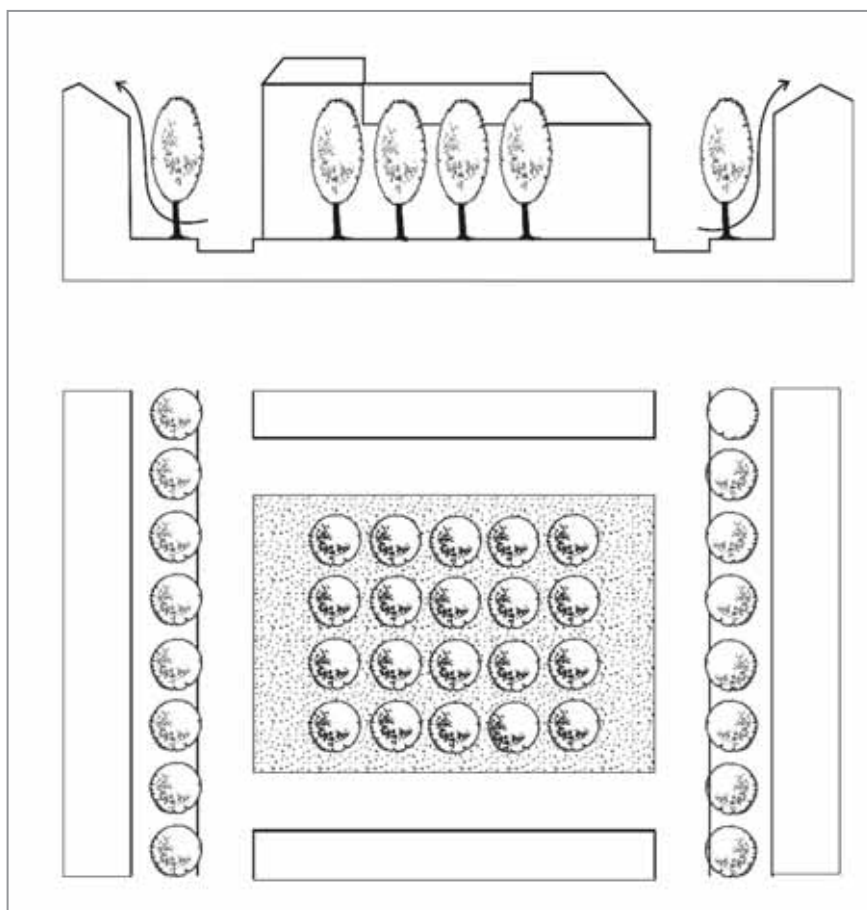
### Alberatura a gruppo





## Alberatura nello spazio costruito

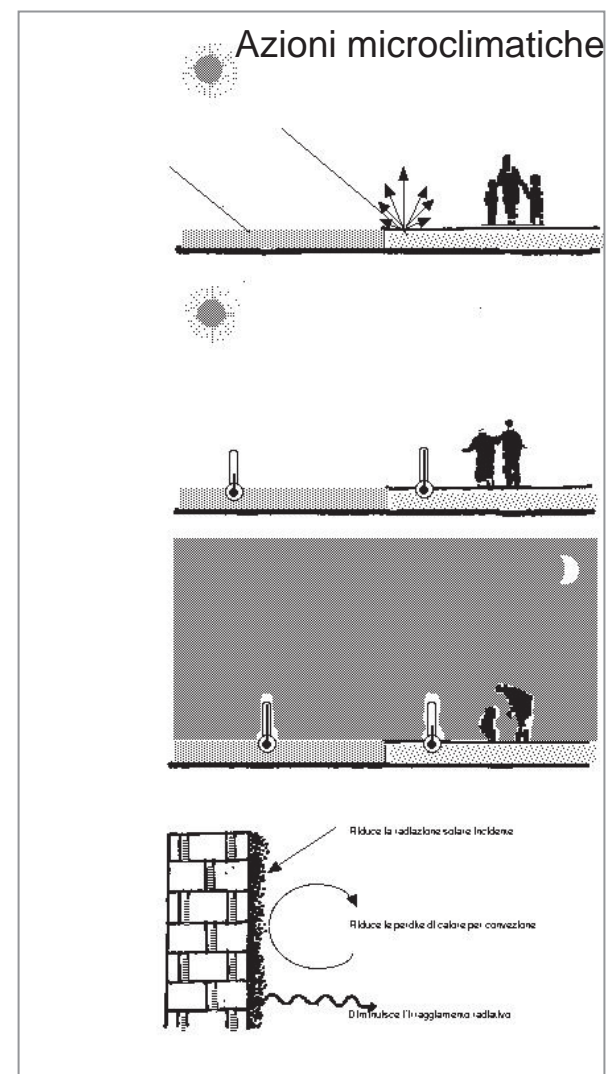
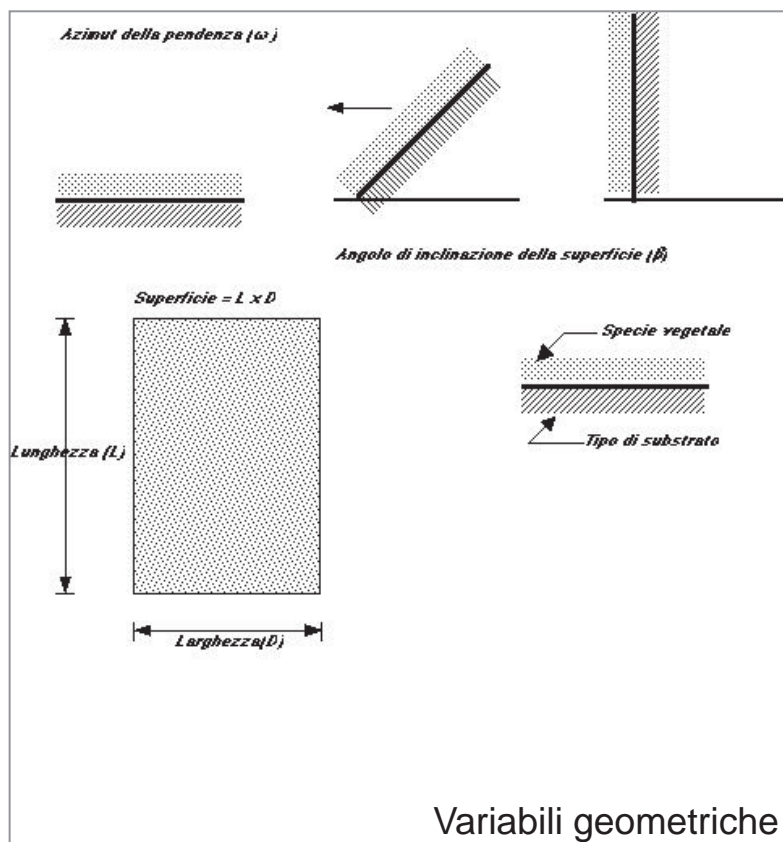
### Alberatura mista lineare/a gruppo





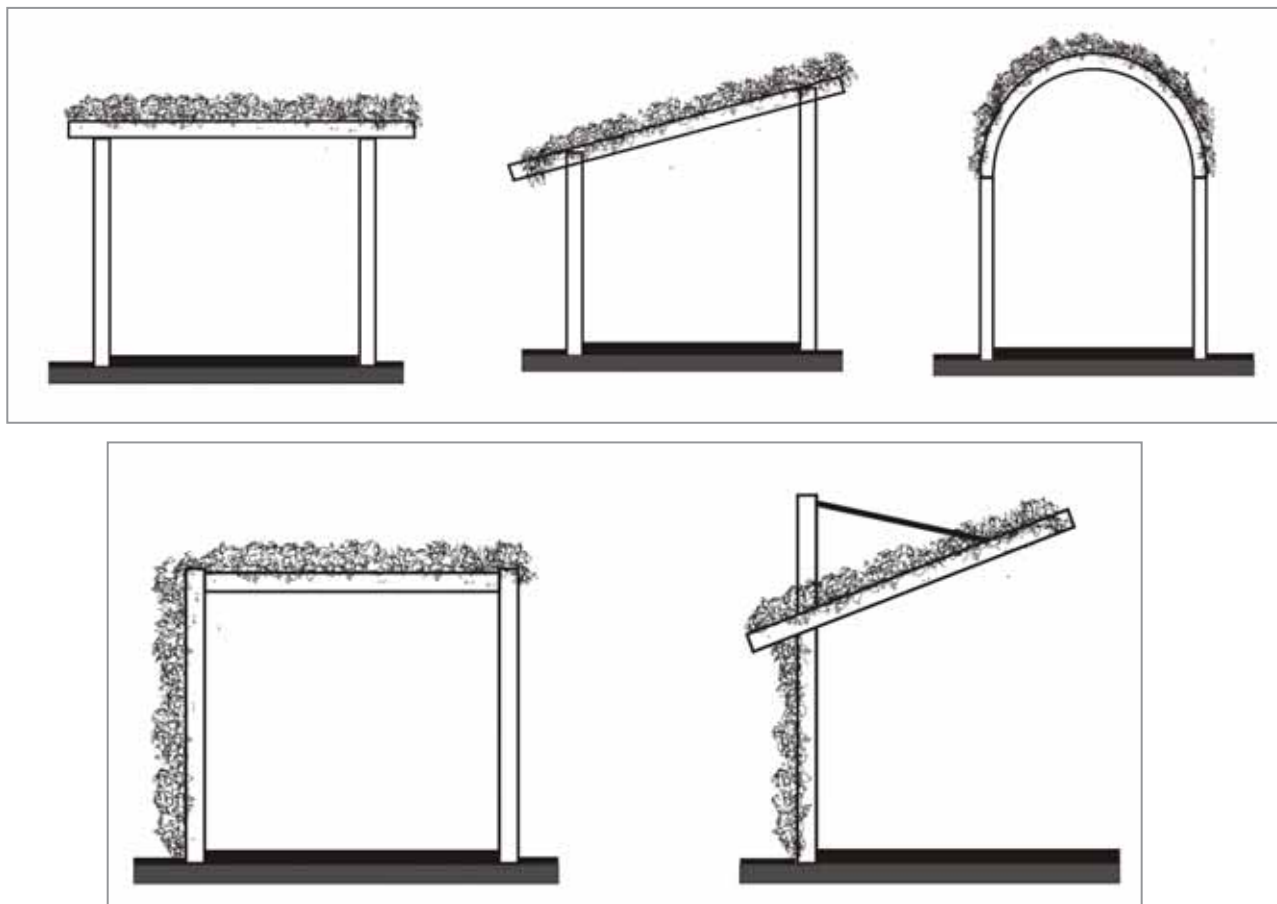


## Configurazione vegetale di superficie





## La pergola





### La pergola



Una pergola in estate



Una pergola in inverno





## La pergola







## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

### Pareti verdi



Le pareti verdi sono rappresentate generalmente da fronti edilizi ricoperti da piante, aggrappate direttamente o indirettamente alle superfici verticali, tramite supporti verticali di sostegno, oppure sistemate in substrati di coltura integrati alla muratura. Il sistema verde su parete assume configurazioni differenti che dipendono dal contesto ambientale, caratterizzato dalla scelta vegetazionale, dalla morfologia dell'edificio e dalle funzioni del verde (bioclimatiche, estetiche/ornamentali o di protezione della privacy).

Tuttavia il verde verticale può essere utilizzato anche come semplice quinta vegetale, come un elemento isolato (non la parete di un edificio) completamente o parzialmente inverdito che può essere utilizzato all'interno di un percorso urbano come semplice schermo solare o come barriera vegetale per impedire la vista di qualcosa (per es. un cantiere).



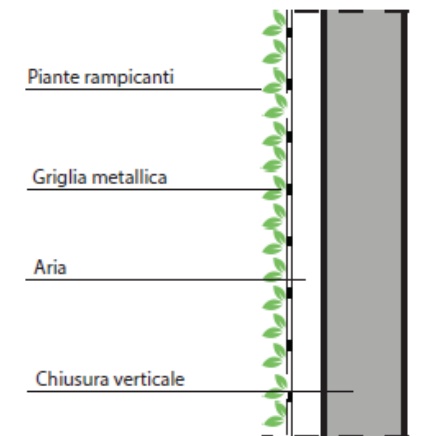
### Il verde parietale

Il "Verde Verticale" non è un sistema tecnologico vero e proprio ma è un insieme di tecniche e sistemi diversi con il fine di verticalizzazione vegetale.

#### **rivestimento vegetale**

consiste in un sistema tecnologico composto da un apparato vegetale che può aggrapparsi direttamente alla superficie della parete con l'ausilio di un sottosistema di supporto che crea uno spazio tra la superficie edilizia ed il sistema di supporto vegetale.

Il rivestimento vegetale è quindi considerato come un apparato verde supplementare alla parete edilizia, chiusura che potrebbe perciò esistere e funzionare anche senza la presenza della vegetazione.



Alcune specie possono autosostenersi e sono:



Radici aeree



Ventose

altre invece hanno bisogno di un sostegno:



Volubile



Vitici



Intreccio





## Il verde parietale



MILANO - CASA D'ABITAZIONE IN VIA VAINA N°10, 1938.



ASSETTO PRIMAVERILE



ASSETTO ESTIVO



ASSETTO AUTUNNALE



ASSETTO INVERNALE



## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

### Il verde parietale



*Edificio Consorcio Conception, architetto Enrique Browne.*



*Sistema vegetale a foglia caduca (estate-inverno).*

#### Esposizione della parete

#### Selezione delle essenze e funzione bioclimatica

Sud

Essenze a foglia caduca, adatte ad un'esposizione a pieno sole (vite selvatica, clematide). Garantiscono un sufficiente ombreggiamento in estate e permettono ai raggi solari di entrare in inverno. Inoltre è consigliato l'impiego di colori scuri per le facciate rivolte a sud poiché questo migliora l'assorbimento delle radiazioni solari in inverno.

Nord

Essenze sempreverdi folte (edera, Ionicera sempreverde). La funzione della vegetazione è quella di ridurre le dispersioni termiche in inverno.

Est/Ovest

Le pareti esposte ad Est e ad Ovest sono quelle più colpite dal soleggiamento estivo poiché i raggi solari le colpiscono perpendicolarmente. Le essenze quindi da utilizzare sono a foglia caduca molto folte per garantire una protezione termica estiva. Per pareti esposte all'azione del vento invernale è consigliato utilizzare essenze sempreverdi.

*Scelta delle essenze in rapporto all'esposizione delle pareti.*



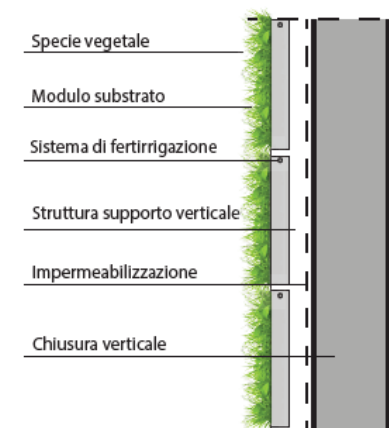
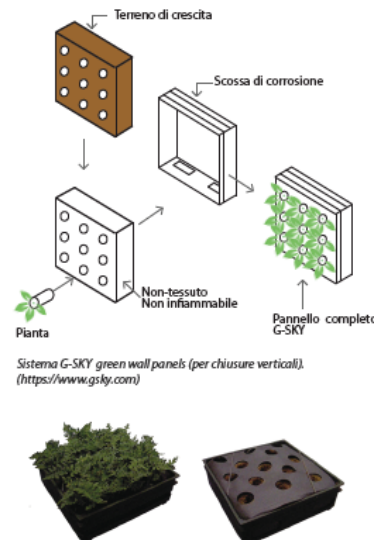


### Il verde parietale

La **chiusura verticale vegetale** è un sistema caratterizzato da una totale integrazione fra piante e involucro poichè ogni punto superficiale della parete corrisponde al luogo d'impianto dei vegetali". Questa tipologia è quindi equiparabile a un'unità tecnologica in cui le piante diventano una parte integrante ed indispensabile della facciata.



Sistema green wall.



Dettaglio che mostra la stratigrafia di un chiusura vegetale.



Dettaglio che mostra la stratigrafia di un muro vegetale.



### Il verde parietale

MUSÉE DES ARTES PREMIERS QUAY BRANLY

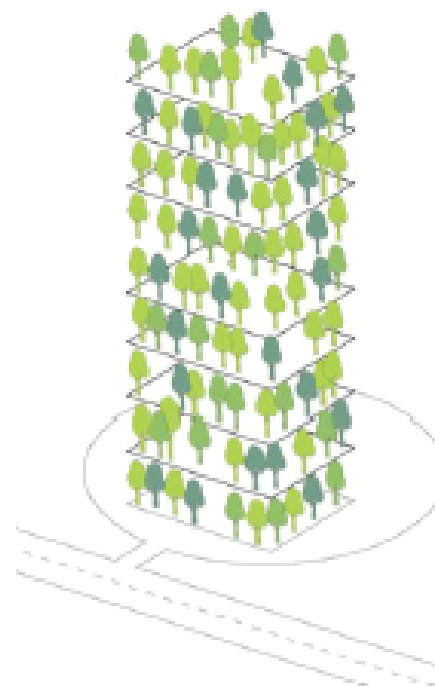
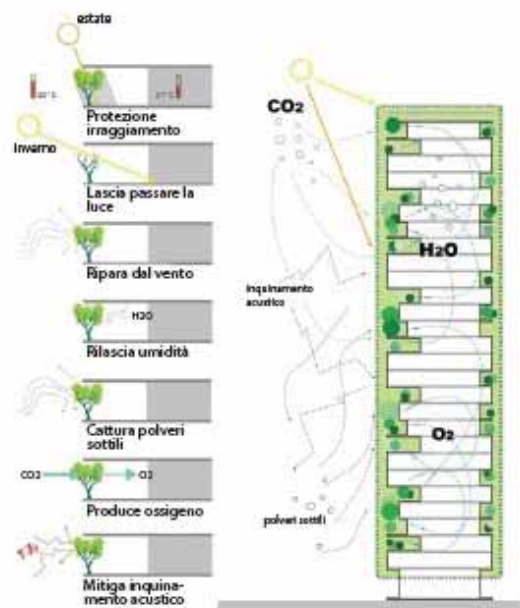
Patrick Blanc  
Parigi, Francia  
2004





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva"

### Il verde parietale



#### Dati numerici

- 1300 alberi=30.000m<sup>2</sup> di bosco.
- 1780 m<sup>2</sup> di vasche sui terrazzi.
- 94 tipi di specie diverse.
- 1251 alberi da 3 a 9 metri.
- 593 alberi da 3 metri.
- arbusti medi, bassi.
- 5.500 m<sup>2</sup> di verde ad uso pubblico.



Autunno



Inverno



Primavera



Estate





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico



Il verde pensile è un impianto vegetale **su uno strato di supporto strutturale impermeabile**, come ad esempio solette di calcestruzzo, solai, coperture in legno, coperture metalliche e in tutti quei casi in cui **non vi sia continuità ecologica tra il verde ed il sottosuolo**.

I benefici ecologici del verde pensile sono diversi e su diversi aspetti: la **riduzione del carico che grava sulla rete di smaltimento delle acque piovane**, la **limitazione dell'aumento di temperatura nelle città causato dall'estendersi delle superfici mineralizzate** (isola di calore urbana), aumento e conservazione della biodiversità nelle città **e assorbimento delle polveri inquinanti**. Ha inoltre un effetto di massa termica per cui riduce le dispersioni di calore dall'edificio verso l'esterno e protegge i materiali strutturali del tetto, migliorandone la durata.





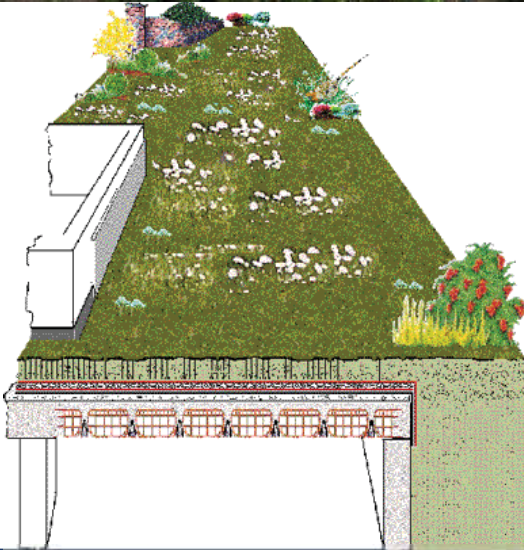
### Il verde in copertura



Agricoltura urbana



## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico



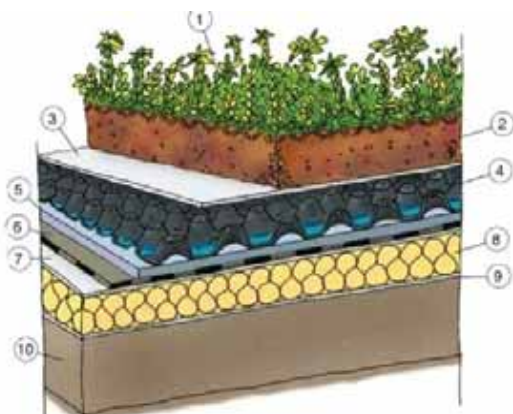
Il verde pensile orizzontale può essere realizzato su coperture di edifici ma **sempre più spesso in corrispondenza di "nuovi" spazi urbani che si generano dalla realizzazione di autorimesse**. Generalmente, per motivi economici si tende a **utilizzare spessori minimi che limitano la scelta delle piante**. Va detto comunque che sono preferibili piante giovani anche perché sulle coperture vi sono delle condizioni sempre più critiche di quelle a terra, per cui **è necessario che la pianta si adatti gradualmente**. Quindi nelle coperture a verde è da evitare il perseguimento del cosiddetto "pronto effetto". La norma UNI UNI definisce lo spessore minimo dello strato colturale in funzione della vegetazione da impiegare. Si va dal Sedum che richiede uno strato colturale di 8 cm ai piccoli arbusti tappezzanti e ai prati erbosi che ne richiedono 15 agli alberi piccoli che necessitano di 30 cm, gli alberi di III grandezza 50, alberi di II grandezza 80 e alberi di I grandezza 1 metro. È chiaro che maggiore è la massa di terreno utilizzata e il peso della pianta utilizzata, più importante diventa lo strato strutturale al di sotto.





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

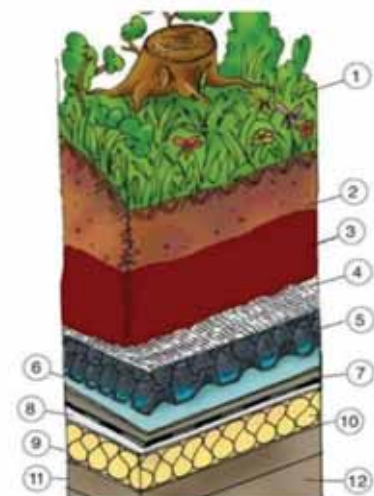
### Tetto verde ESTENSIVO



- 1 - Vegetazione
- 2 - Terreno di coltura 10 cm.
- 3 - Telo filtrante
- 4 - Strati di accumulo, drenaggio ed areazione
- 5 - Feltro di protezione
- 6 -10 impermeabilizzazione, antiradice e struttura della copertura



### Tetto verde INTENSIVO



- 1 - Vegetazione
- 2 - Terreno di coltura 35 cm.
- 3 - Strato di compensazione compattato di 15 cm.
- 4 - Telo filtrante
- 5 - Strati di accumulo, drenaggio ed areazione
- 6 - Feltro di protezione
- 7 -12 impermeabilizzazione e antiradice, strato di pendenza e struttura della copertura





### Il verde lungo i percorsi







### L'albero e il suo spazio





### L'albero e il suo spazio







## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

### L'albero e il suo spazio





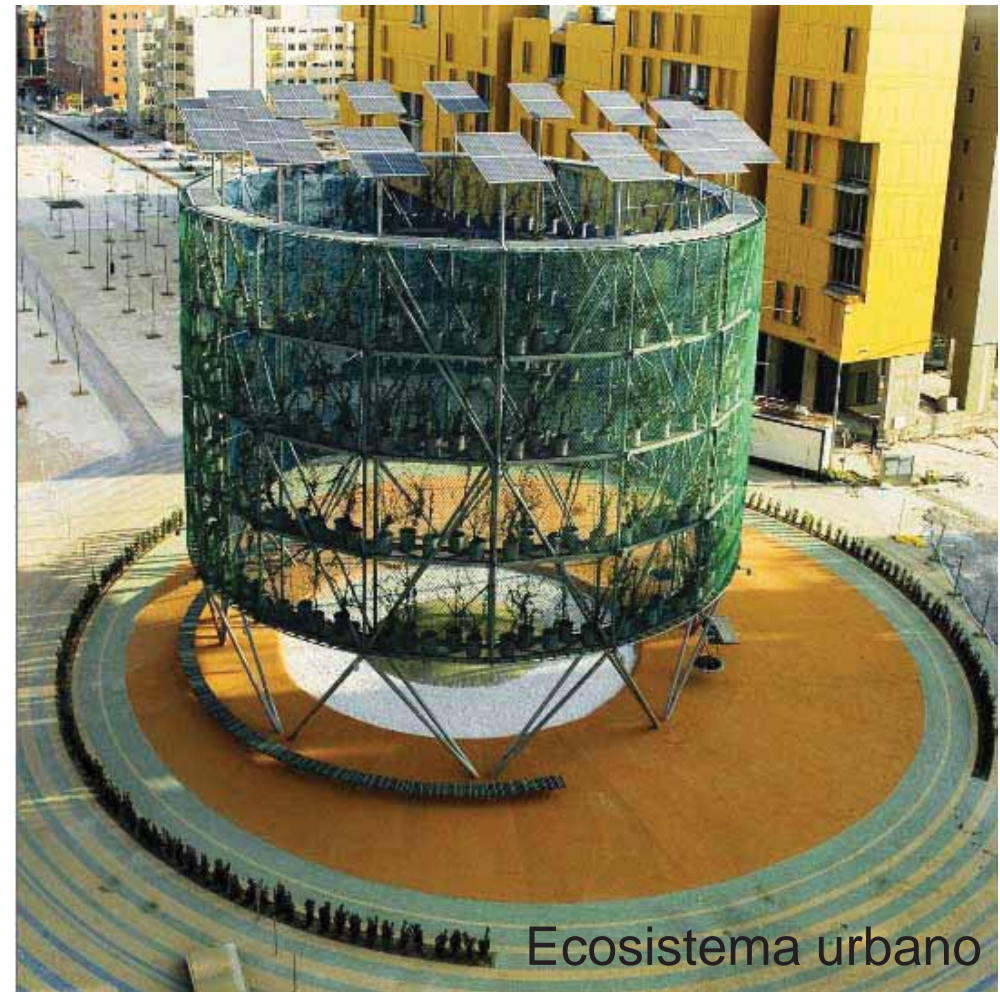


### **Eco boulevard, Madrid**

La proposta per l'Eco boulevard di Villadecás, si può definire come un'operazione di "riciclaggio" urbano che consta delle seguenti azioni:

l'installazione dei 3 alberi d'aria – dinamizzatori sociali, la densificazione della vegetazione nell'allineamento esistente, la riduzione e disposizione asimmetrica della circolazione su ruote e interventi superficiali sull'urbanizzazione esistente che portano a riconfigurare la situazione esistente.

Tre padiglioni o alberi d'aria funzionano come supporto aperti a molteplici attività scelte dagli utenti.



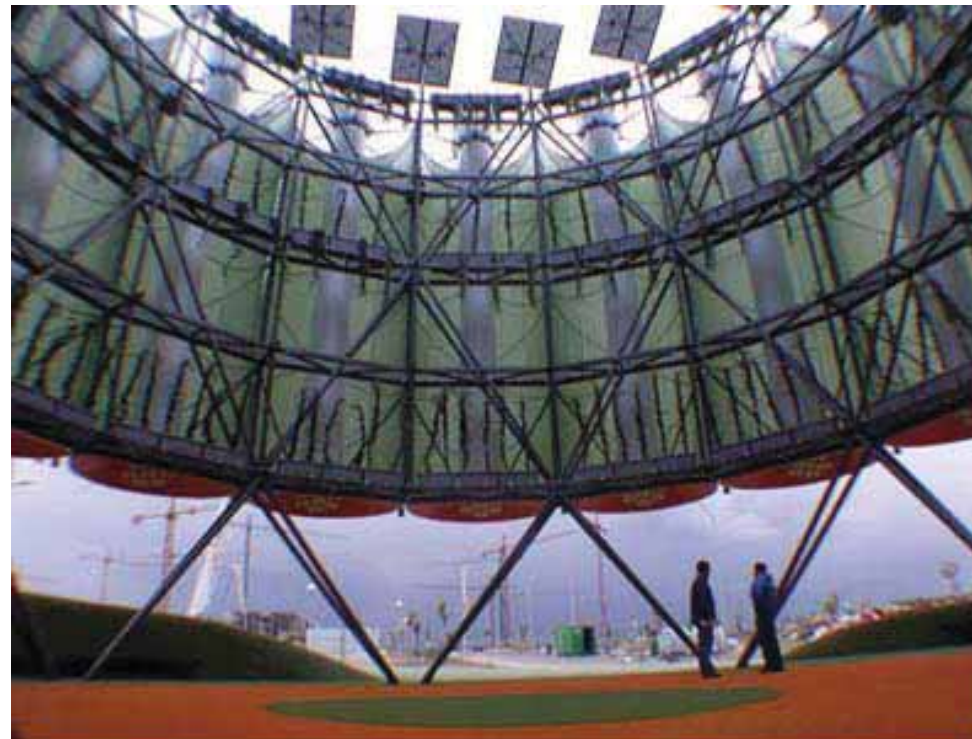
Ecosistema urbano



### Eco boulevard, Madrid

Si tratta di un meeting point per coloro che abitano nella zona di Villadecan, nella periferia di Madrid.

È un percorso di 500 metri per 50 di ampiezza, un'esperienza pilota per l'adattamento climatico degli spazi esterni, vincitore del concorso Eco-Boulevard.



Ecosistema urbano





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

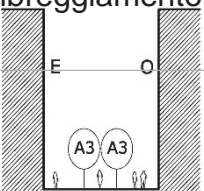
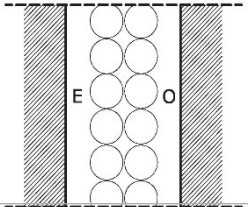
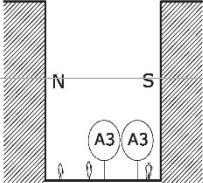
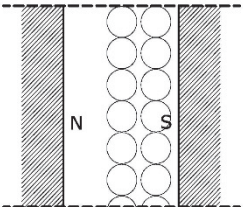
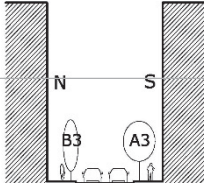
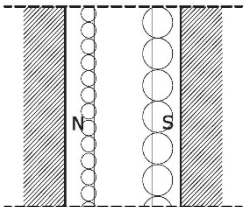
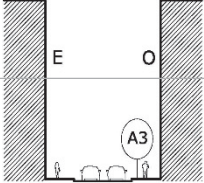
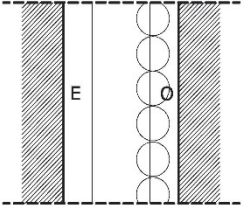






# Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

## Il verde nello spazio urbano

Orientamento NS	Orientamento NS	Orientamento EO	Orientamento EO
Strada con traffico veicolare	Strada pedonale	Strada a traffico veicolare	Strada pedonale
La strada presenta un buon grado di ombreggiamento	Situazione critica da correggere soprattutto alle ore 13	Situazione critica da correggere soprattutto alle ore 17	Situazione critica da correggere soprattutto alle ore 17
 	 	 	 
Proposta di progetto: filare di alberi tipo A3o (30 individui)	Proposta di progetto: Doppio filare di alberi tipo A3o (60 individui)	Proposta di progetto: Filare di alberi tipo B3 (60 individui fastigiati) filare di alberi tipo A3o (30 individui)	Proposta di progetto: Doppio filare di alberi tipo A3o (60 individui)

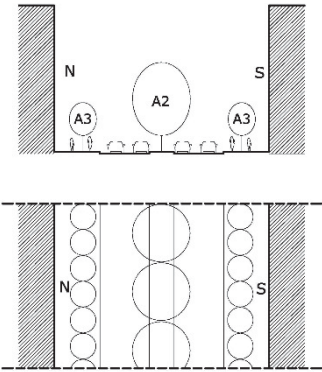
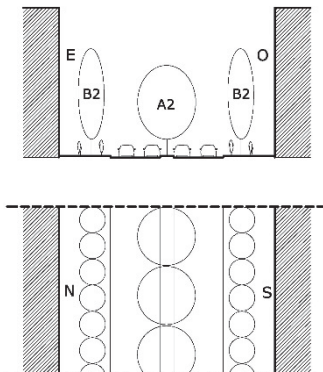


## Il verde nello spazio urbano





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

Orientamento NS	Orientamento EO
Strada con traffico veicolare	Strada a traffico veicolare
Situazione critica da correggere soprattutto alle ore 13	Situazione critica da correggere soprattutto alle ore 9 e alle 17
	
<p>Proposta di progetto:  2 filari di alberi tipo B2 ovoidali  (15x2 individui) 1 filare di tipo A2  (15 individui)</p>	<p>Proposta di progetto:  2 filari di alberi tipo A3 (30x2  individui)  1 filare di alberi tipo A2 (15  individui)</p>





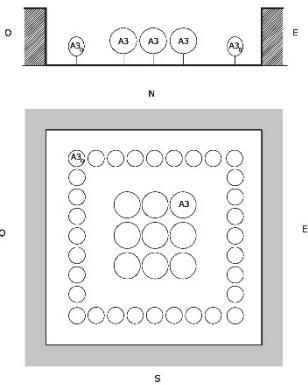
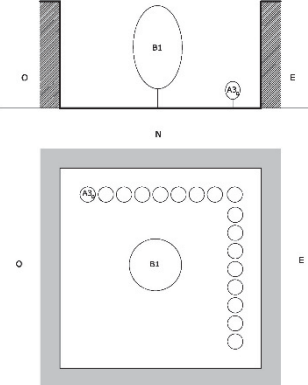
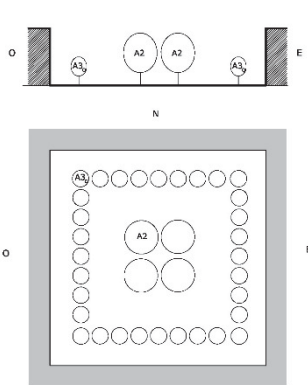
## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

### Il verde nello spazio urbano

Orientamento NS	Orientamento EO
Strada con traffico veicolare	Strada a traffico veicolare
Situazione critica da correggere dalle 9 alle ore 17	Situazione critica da correggere dalle ore 9 alle 17
Proposta di progetto: 2 filari di alberi tipo B2 ovoidale (15 x2 individui) 1 filare di alberi tipo A2 (15 individui) 2 filari di alberi tipo A3 (30 x 2)	Proposta di progetto: 3 filari di alberi tipo A2 ovoidale (10 x3 individui) 2 filari di alberi tipo A3 (45 individui)



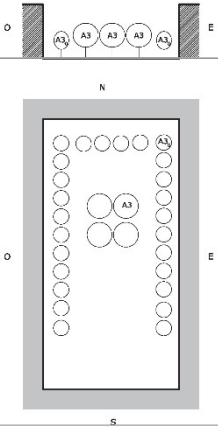
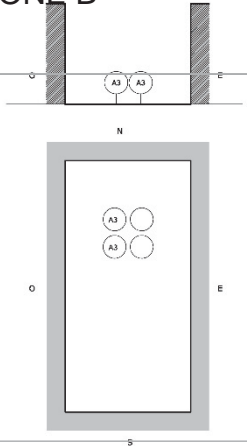
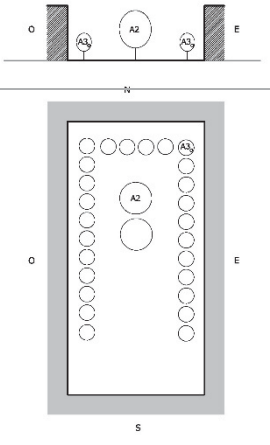
## Il verde nello spazio urbano

(h/d1 = 0,25; h/d2 = 0,25)	(h/d1 = 0,25; h/d2 = 0,25)	(h/d1 = 0,5; h/d2 = 0,5)
SOLUZIONE A	SOLUZIONE B	
		
<p>Proposta di progetto: 1filare di alberi tipo A3o (34) gruppo di alberi tipo A2 (4)</p>	<p>Proposta di progetto: 1filare di alberi tipo A3o (34) gruppo di alberi tipo A3 (9)</p>	<p>Proposta di progetto: 1filare di alberi tipo A3o (17) albero isolato B1 (1)</p>



# Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

## Il verde nello spazio urbano

(h/d1 = 0,4; h/d2 = 0,2)	(h/d1 = 0,4; h/d2 = 0,2)	(h/d1 = 0,8; h/d2 = 0,4)
Orientamento NS	Orientamento NS	Orientamento NS
Lo spazio presenta uno scarso grado di ombreggiamento nelle ore centrali della giornata		Lo spazio presenta un insufficiente grado di ombreggiamento nelle ore centrali della giornata
<b>SOLUZIONE A</b> 	<b>SOLUZIONE B</b> 	
Proposta di progetto: filare di alberi tipo A3o (26) gruppo di A3 (4)	Proposta di progetto: filare di alberi tipo A3o (26) filare di A2 (2)	Proposta di progetto: gruppo di alberi tipo A3 (4)





## **Il verde nello spazio urbano**

La selezione delle essenze in ambiente urbano avviene sulla base delle funzioni e delle interazioni che intercorrono tra una specie vegetale e le condizioni ambientali

Per agevolare le modalità di selezione è possibile utilizzare strumenti specifici di natura informatica (BANCHE DATI) e sistemi di analisi del contesto urbano

# Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

I database

## VEGET@ACTION

Daniela Bouvet, Elena Montacchini



Elenco delle specie adatte per parchi/giardini

Ricerca guidata	Nome scientifico	Parametro	Valore impostato
Elenco Completo	non definita	Protezione	NON Sgradevole
Parchi/giardini	Alnus alba Mill.	Utilizzo fruttificazione	NON Tossici
Corti/perimetre dell'edificio	Acer dasycarpum L.	Escludi specie	Velenosa
Viali/pedoni urbani	Acer monspeliense L.	Escludi specie	Allergena o urticante
Aule	Acer opulifolium Chaix		
Parcheggi	Acer platanoides L.		
Facciate	Acer pseudoplatanus L.		
Tetti	Amelanchier ovalis Medicus		
Pergole	Arbutus unedo L.		
Impianti di fitorimediazione	Arctostaphylos uva-ursi (L.)		
Tecnologie per il ripristino ambientale	Berberis vulgaris L.		
Barriera acustica	Calluna vulgaris (L.) Hull		
Barriera al vento	Cerastium tiliaceum L.		
Barriera all'inquinamento atmosferico	Cornus mas L.		
	Coronilla emerus L.		
	Coloneaster integerrimus M.		
	Cytisus sessilifolius L.		
	Erica arborea L.		
	Ficus carica L.		
	Fraxinus alnus Mill.		
	Fraxinus oxycarpa Bieb.		
	Genista germanica L.		
	Genista tinctoria L.		
	Hippophae rhamnoides L.		
	Juniperus oxycedrus L.		
	Juniperus phoenicea L.		
	Larix decidua Mill.		
	Laurus nobilis L.		
	Lavandula angustifolia Mill.		
	Limonium nigricans (L.) G.		
	Myrica gale (L.) Desf.		
	Myrica communis L.		
	Phytolacca angustifolia L.		
	Phytolacca latifolia L.		
	Picea excelsa (Lam.) Link.		
	Pinus cembra L.		

Numero specie: 75 / 142

Ricerca libera

Imposta criteri di ricerca

Modifica criteri di ricerca

Esporta lista

Salva modello di ricerca

Leggi modello di ricerca

Mostra Archivio

**DINSE**  
POLITECNICO DI TORINO






È possibile effettuare la ricerca delle specie desiderate in tre modi differenti: 1- Si possono impostare le caratteristiche richieste, tramite il comando "Imposta i criteri di ricerca", scegliendole nelle diverse schede disponibili, per effettuare la selezione delle specie desiderate, si deve poi ritornare a questa pagina e fare "clic" sul comando "Esegui ricerca"; 2- Si può selezionare, tramite i comandi "Parchi/giardini", "Barriera all'inquinamento atmosferico", uno schema predefinito di caratteristiche omogenee ad una determinata finalità, in questo caso i parametri predefiniti dagli autori compariranno nella tabella a destra, mentre sotto la dicitura "Nome scientifico" sarà visualizzato l'elenco delle specie selezionate per la



## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

# I database VEGET@ACTION Daniela Bouvet, Elena Montacchini

Acer campestre L.

Identificazione della specie		Caratteristiche estetico-formali	Esigenze ecologiche	Caratteristiche funzionali
Nome scientifico	Famiglia	Sinonimi		
--- non definita --- Abies alba Miller <b>Acer campestre L.</b> Acer monspessulanum L. Acer opulifolium Chaix Acer platanoides L. Acer pseudoplatanus L. Amelanchier ovalis Medicus Arbutus unedo L. Arctostaphylos uva-ursi (L.) Berberis vulgaris L. Calluna vulgaris (L.) Hull Ceratonia siliqua L. Cercis siliquastrum L. Chamaerops humilis L. Cistus incanus L. Cistus monspeliensis L. Cistus salvifolius L. Colutea arborescens L. Cornus mas L. Coronilla emerus L. Cotoneaster integerrimus M. Cytisus sessilifolius L. Erica arborea L. Ficus carica L. Fraxinus oxycarpa Bieb. Genista germanica L. Genista tinctoria L. Hippophae rhamnoides L. Juniperus oxycedrus L. Juniperus phoenicea L. Larix decidua Mill. Laurus nobilis L. Lavandula angustifolia Mille Lembotropsis nigricans (L.) G. Myricaria germanica (L.) De. Myrtus communis L. Phillyrea angustifolia L. Phillyrea latifolia L. Picea excelsa (Lam.) Link. Pinus cembra L.				
--- non definita --- Aceraceae Anacardiaceae Apocynaceae Aquifoliaceae Araliaceae Berberidaceae Betulaceae Buxaceae Cannabaceae Caprifoliaceae Celastraceae Cistaceae Cornaceae Corylaceae Cupressaceae Elaeagnaceae Ericaceae Fagaceae Juglandaceae Labiatae Lauraceae Leguminosae Moraceae Myrtaceae Oleaceae Palmae Pinaceae Platanaceae Ranunculaceae Rhamnaceae Rosaceae Salicaceae Saxifragaceae Tamaricaceae Taxaceae Thymelaeaceae Tiliaceae Ulmaceae				
Nome comune			 	
Acer campestre Acero oppio				
Distribuzione in Italia			 	
<input type="radio"/> non definito <input checked="" type="radio"/> spontanea in Italia <input type="radio"/> non spontanea in Italia <input checked="" type="checkbox"/> Piemonte <input checked="" type="checkbox"/> Italia settentrionale <input checked="" type="checkbox"/> Italia centrale <input checked="" type="checkbox"/> Italia meridionale e isole				
Numero specie 75 / 142				
Stampa scheda				
Stampa tutto				

La scheda 'Identificazione della specie' riporta i dati essenziali per l'identificazione della specie vegetale e il dato relativo alla presenza e distribuzione sul territorio italiano. Sono presenti, inoltre, le immagini fotografiche relative a portamento, foglia, fiore, frutto e corteccia. Selezionando la fotografia con il mouse, l'immagine si ingrandisce a tutto schermo, permettendo un'accurata lettura dei dettagli.

Criteri di Ricerca  
Guida in Linea

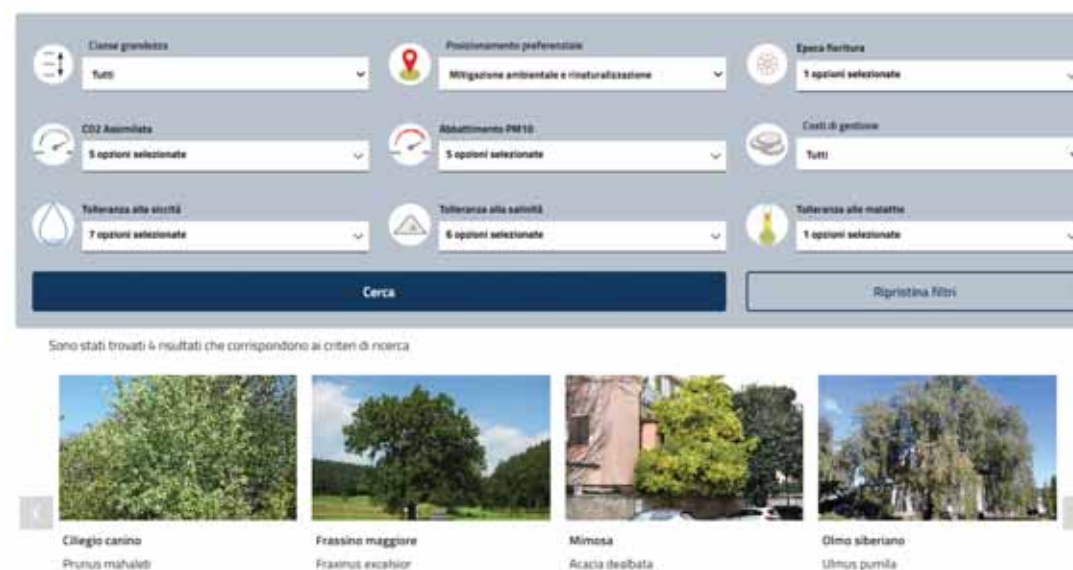


# Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

## I database



[Home - Alberi per la città  
serviziambiente.regione.emilia-romagna.it/abalberi/Volume\\_alberi\\_pagina\\_singola.pdf](http://serviziambiente.regione.emilia-romagna.it/abalberi/Volume_alberi_pagina_singola.pdf)



## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

### L'abaco delle essenze vegetali

#### Corridoio urbano verde La scelta delle piante

ALBERI																	
TIPUS	CARACTERÍSTIQUES ESPÈCIE							REQUERIMENTS ESPACIALS				REQUERIMENTS LUMÍNICS			REQUERIMENTS HÍDRICS	OBSERVACIONS	
	FULLATGE			FLORACIÓ		FRUCTIFICACIÓ		DENSITAT	AMPLADA CAPÇADA	ALÇADA	FORMA	OBSERVACIONS	TOLERÀNCIA OMBRA				CONSUM AIGUA
	CADUC	PERENNE	COLOR	ÈPOCA	COLOR	ÈPOCA	COLOR						BADXA	MITJA	ALTA		
																	
GRAN PORT																	
<i>Ailanthus altissima</i>			Verd	Maig - Juny	Floració poc aparent. Blanc-groc	Sept - Nov	Fruit: sàmara, verd-daurat		8 - 10	15 - 20	Cilíndrica					Arbre que tolera pol·lució. Espècie invasiva	
<i>Eucalyptus</i> sp.			Verd blavós	Set - Oct	Floració poc aparent.	Oct - Març	Fruit: càpsula		7 - 10	30	Cilíndrica				Elevats	Olor de les seves fulles	
<i>Ficus retusa</i> -(microcapça)			Verd	Març - Abril	Floració poc aparent.	Gen - Dic	Fruit: fals, groc-vermell		15	15 - 20	Cilíndrica					Bona espècie per donar ombra. Arrels agressives	
<i>Gleditsia triacanthos</i> 'inermis'			Verd	Abril - Maig	Floració poc aparent.	Set - Març	Fruit: llegum, verd-marró		8 - 10	15 - 20	Cilíndrica				Tolera la sequera	Varietat sense espines	
<i>Jacaranda mimosaefolia</i>			Verd	Maig - Juny Set - Oct	Flor blau violeta.	Set - Març	Fruit: càpsula, verd-marró		5 - 7	6 - 10	Cilíndrica						
<i>Phoenix dactylifera</i>			Verd	Abril - Juny	Flor groga.	Dec	Fruit: drupa (dátil)		4 - 6	15 - 30	Columnar						
<i>Platanus x hispanica</i>			Verd	Abril	Floració poc aparent.	Set - Març	Fruit: aquesi, marró		6 - 12	20 - 30	Cilíndrica						
<i>Populus simonii</i>			Verd fosc	Feb - Març	Flor en ament.	Abr - Maig	Fruit: càpsula		4	15	Columnar						
<i>Quercus ilex</i>			Verd fosc	Abril - Maig	Flor en aments grocs.	Oct - Dic	Fruit en núcula, (aglà)		8 - 10	8 - 15	Circular						
<i>Ribinia pseudacacia</i>			Verd	Maig - Juny	Flors en penjolls.	Juny - Dec	Fruit: llegum, marró		4 - 8	15 - 20	Cilíndrica						
<i>Tilia</i> sp.			Verd Groc tardorenc	Maig - Juny	Flors blanc groguenques.	Set - Nov	Fruit: càpsula, marró		10 - 15	15 - 25	Circular					Flors aromàtiques	
<i>Tipuana tipu</i>			Verd	Juny - Agost	Flors taronges.	Set - Març	Fruit: sàmara		10 - 12	10 - 15	Cilíndrica						
<i>Washingtonia</i> sp.			Verd	Maig - Agost	Flor en espàdix.	Agost - Dec	Fruit: drupa negra		6 - 10	20 - 30	Columnar				Tolera la sequera	Arrels agressives	



## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

### L'abaco delle essenze vegetali

#### Corridoio urbano verde La scelta delle piante

CARATTERISTICHE DELLA SPECIE							REQUISITI PARTICOLARI			REQUISITI DI LUMINOSITA'			REQUISITI IDRICI	OSSERVAZIONI
FOGLIAZIONE		INFIORESCENZA		FRUTTIFICAZIONE		DENSITA'	AMPIEZZA	ALTEZZA	PORTAMENTO	TOLLERANZA ALL'OMBRA			CONSUMI D'ACQUA	
PERENNE	COLORE	EPOCA	COLORE	EPOCA	COLORE		CAPÇADA			BASSA	MEDIA	ALTA		
	Verde	Maggio - giugno	infiorescenza poco appariscente. Bianco-giallo	settembre-novembre	frutto verde dorato		8 - 10	15 - 20	cilindrica				elevato	albero resistente all'inquinamento
													basso	odore intenso dalle foglie
													tollera la siccità	varietà senza spine



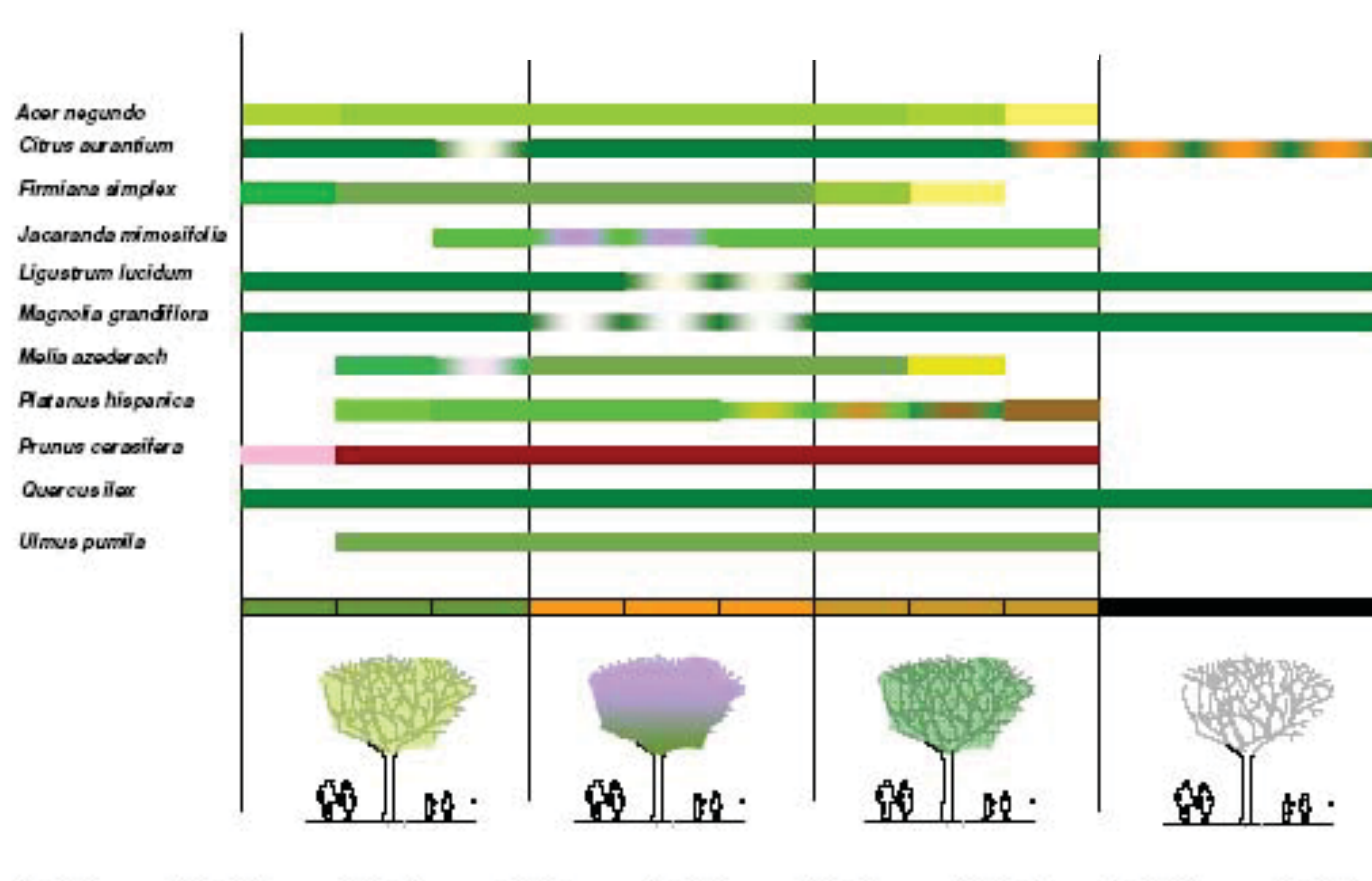


## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

### L'abaco delle essenze vegetali

Corridoio urbano verde

Cronologia annuale delle alberature





## Corridoio urbano verde Variazione cromatica

### Assetto primaverile



### Assetto estivo



### Assetto autunnale



### Assetto invernale





# Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

## • Primavera



Primavera estado actual



Primavera estado futuro

## • Otoño



Primavera estado actual



Primavera estado futuro


*Aesculus hippocastanum*

*Ulmus pumila*

*Robinia pseudoacacia*

*Magnolia x soulangeana*

*Tilia sp.*

*Aesculus hippocastanum*

*Robinia pseudoacacia*
*Lagerstroemia indica*

### Colores predominantes primavera.

Especies actuales	Especies potenciales
<i>Aesculus hippocastanum</i> , <i>Prunus cerasifera pisardii</i> .	<i>Magnolia x soulangeana</i>
<i>Platanus orientalis</i> , <i>Salix babylonica</i> .	<i>Robinia pseudoacacia</i>
<i>Sophora japonica</i> , <i>Ulmus pumila</i> .	<i>Lagerstroemia indica</i>

Red peatonal.

### Colores predominantes otoño.

Especies actuales	Especies potenciales
<i>Acer pseudoplatanus</i> , <i>Acer platanoides</i> .	<i>Robinia pseudoacacia</i>
<i>Platanus orientalis</i>	<i>Lagerstroemia indica</i>
<i>Aesculus hippocastanum</i>	<i>Magnolia x soulangeana</i>

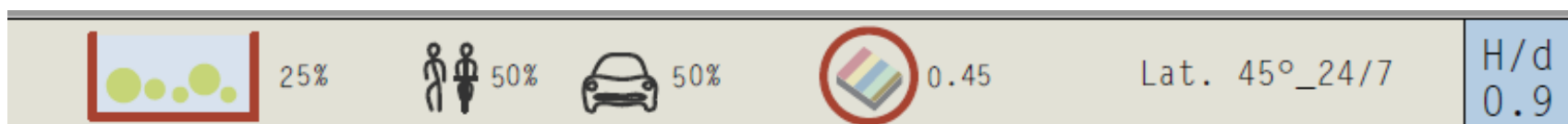
Red peatonal





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

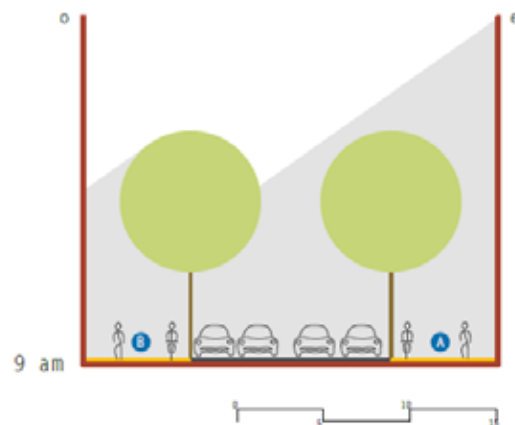
### La progettazione ambientale dei corridoi verdi



100%  
% pavimento in ombra

Bilancio Termico [BT]:

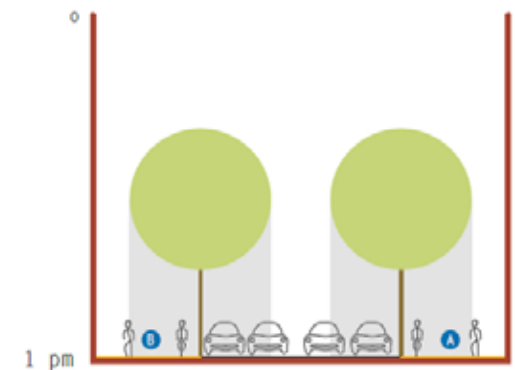
B	A	0.9 A
-18	-34	
70	49	N-S
82	132	



66%

Bilancio Termico [BT]:

B	A	0.9 A
-18	-34	
70	49	N-S
82	132	





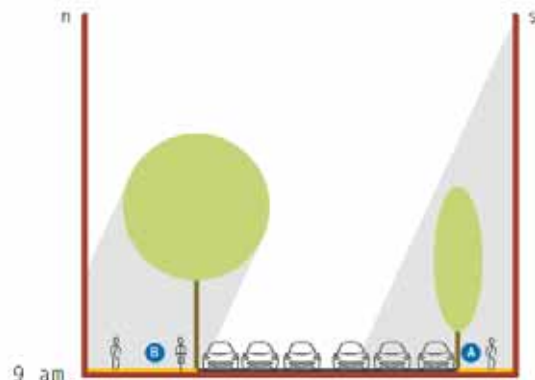
## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

### La progettazione ambientale dei corridoi verdi



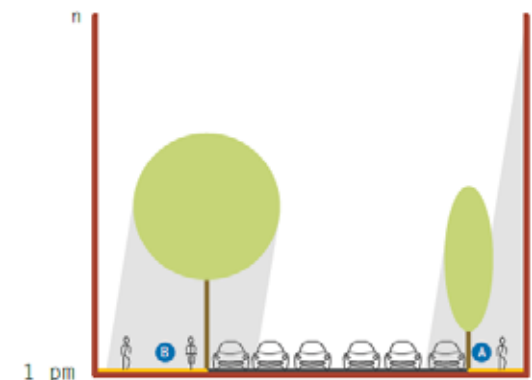
Bilancio Termico [BT]:

B	A	0.9 B
-21	-44	
120	110	E-0
115	55	



Bilancio Termico [BT]:

B	A	0.9 B
-21	-44	
120	110	E-0
115	55	





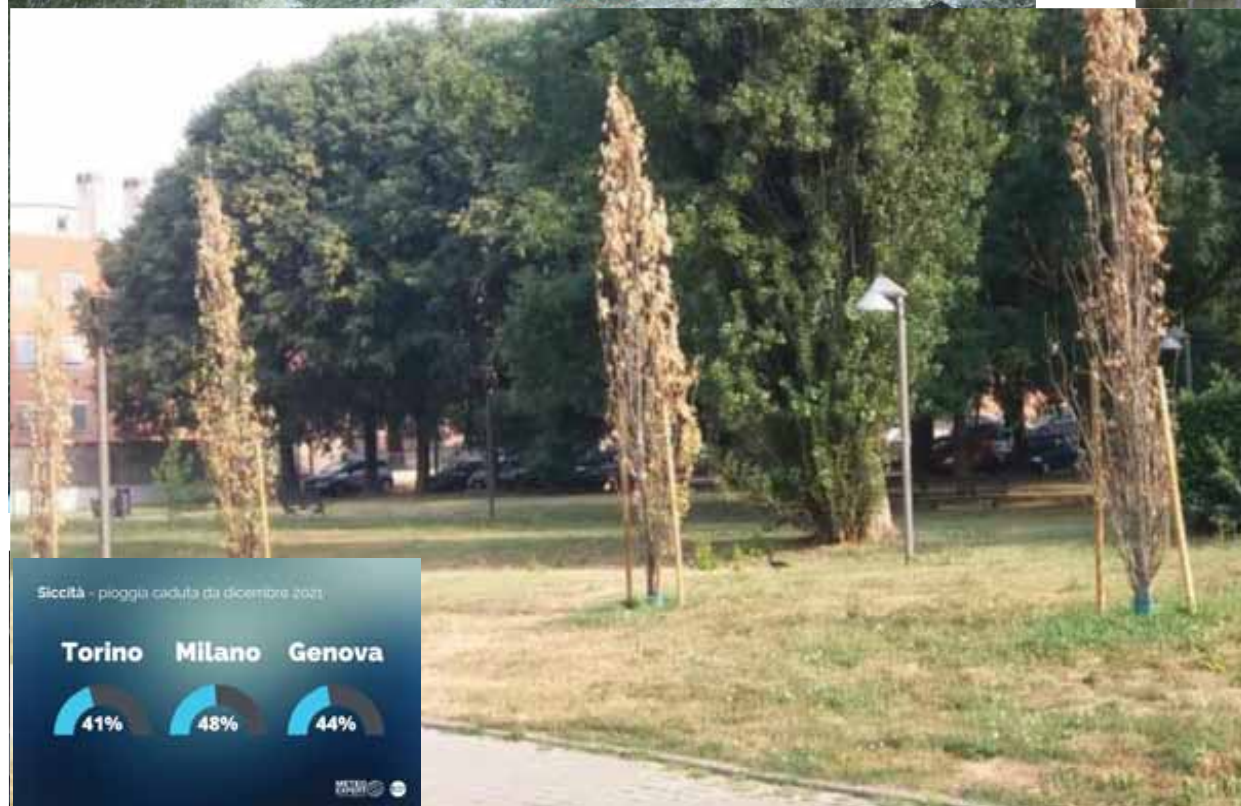
### Il ruolo dell'acqua per migliorare il microclima



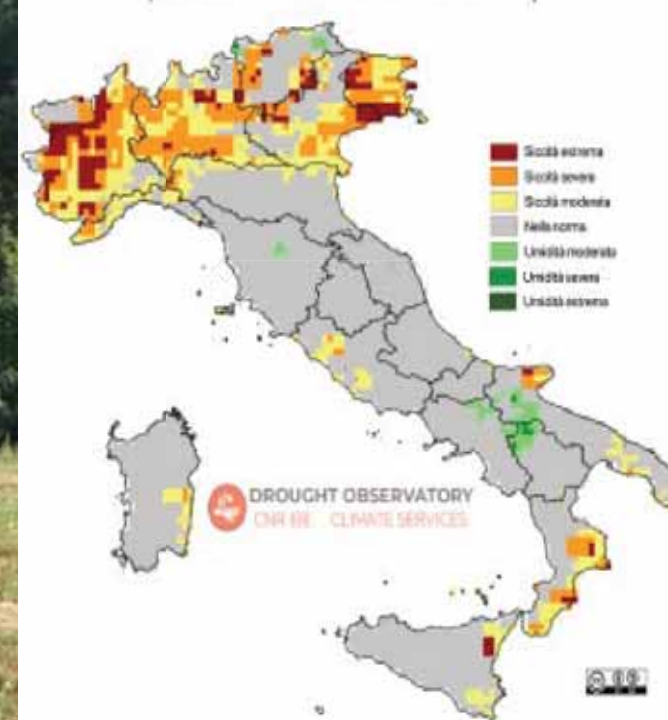




## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico



SPI 12 mesi  
(Dicembre 2021 - Novembre 2022)





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

L'acqua funziona sempre per abbassare la temperatura?

1 - L'acqua è apparentemente efficace perché :

L'effetto psicologico del raffrescamento legato al rumore e alla vista dell'acqua è molto forte ma climaticamente inefficace



2 - L'acqua è efficace se:

1. Le condizioni climatiche sono compatibili

- Elevato livello di radiazione solare
- Alta temperatura dell'aria
- Bassa umidità relativa

2. Una grande massa d'acqua (mare, lago)



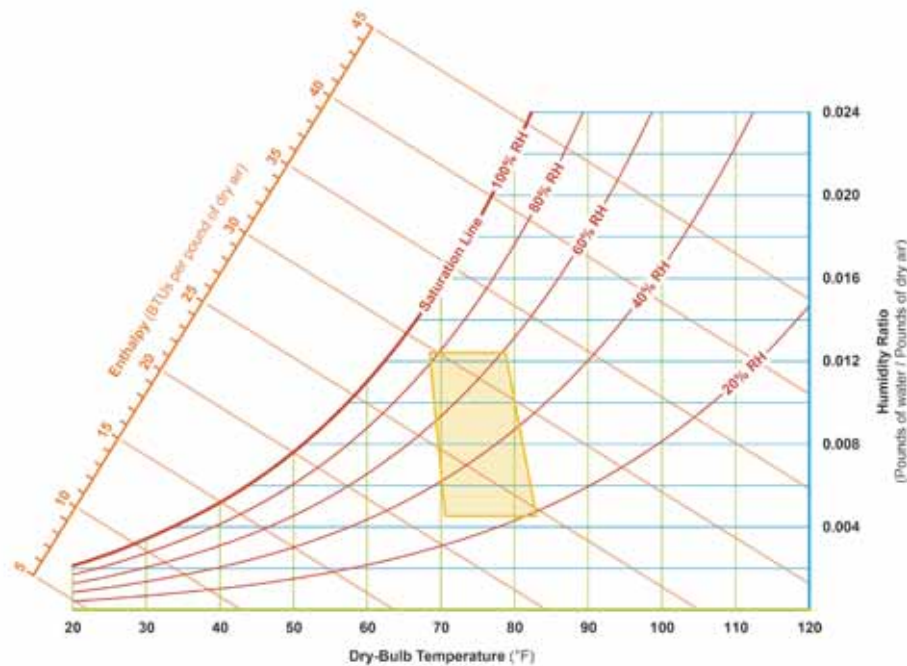
3. Acqua «in movimento»



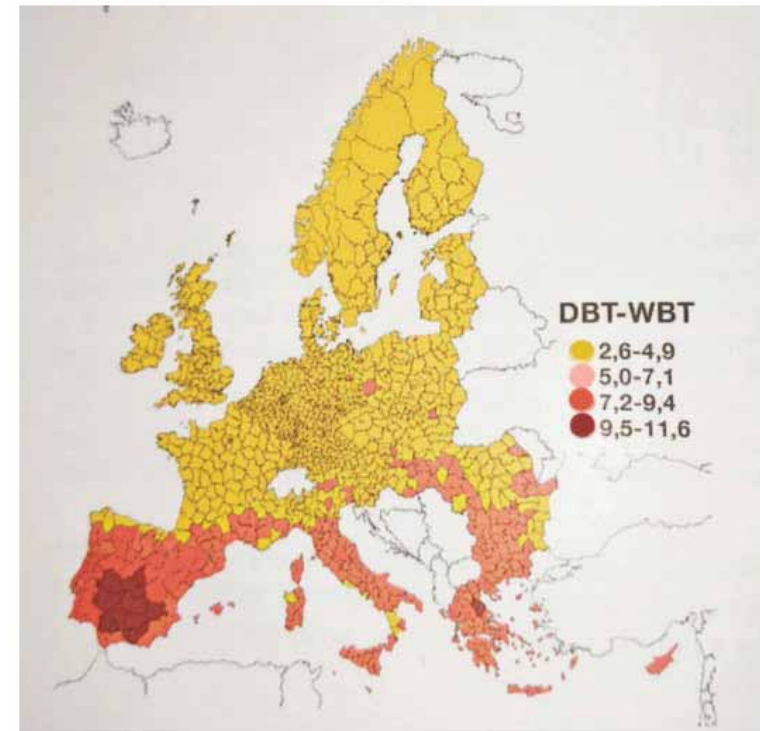




## Il ruolo dell'acqua



- Elevato livello di radiazione solare
- Alta temperatura dell'aria
- Bassa umidità relativa



Mapa delle aree in Europa dove possono essere applicate le tecniche di raffreddamento evaporativo (Salmeron, 2012)





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico



La presenza dell'acqua in uno spazio urbano ha almeno due categorie di contributi al comfort termico: da una parte l'effetto psicologico dell'acqua, infatti la sola presenza dell'acqua, vista in lontananza o solo sentita, anticipa una sensazione di refrigerio. L'altro contributo è legato all'effettivo miglioramento del microclima. Non si può parlare di efficacia di un sistema in generale. Per ogni situazione o area deve essere selezionato e dimensionato il sistema (o la combinazione di sistemi) che meglio si adatta alle caratteristiche dello spazio.



### Specchi d'acqua



2 i vantaggi:

- la temperatura dell'acqua risulta inferiore a quella ambiente
- bassa riflessione verso l'ambiente, mai  $>$  del 3% nelle ore più calde (sole più alto all'orizzonte)

Il forte assorbimento non produce aumento della temperatura a causa dell'evaporazione. A seconda dello spessore dello strato d'acqua può essere assorbito fino all'80% del calore





### La fontana e il gioco

Piazza A. Pestaña, Barcellona di E. Pericas

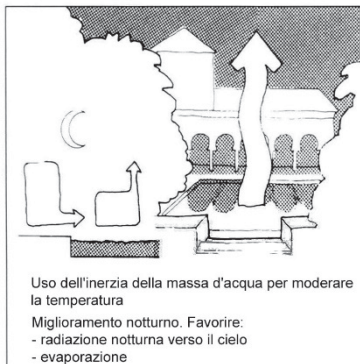






## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

### Getti e vasche d'acqua





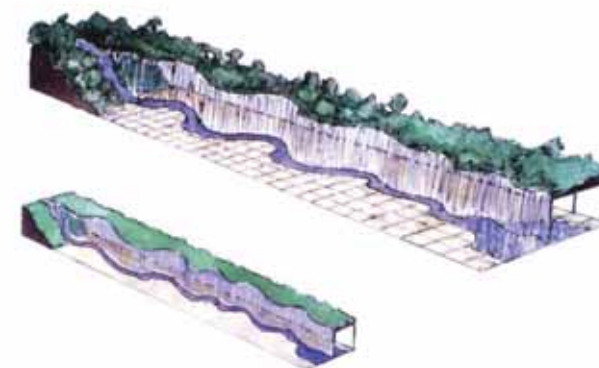
## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

### Lame d'acqua

2 i vantaggi:

- la temperatura dell'acqua risulta inferiore a quella ambiente
- bassa riflessione verso l'ambiente.

Il forte assorbimento non produce aumento della temperatura a causa dell'evaporazione

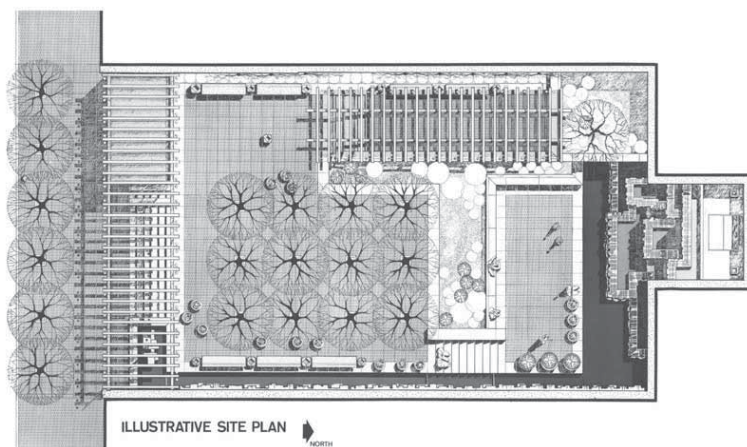
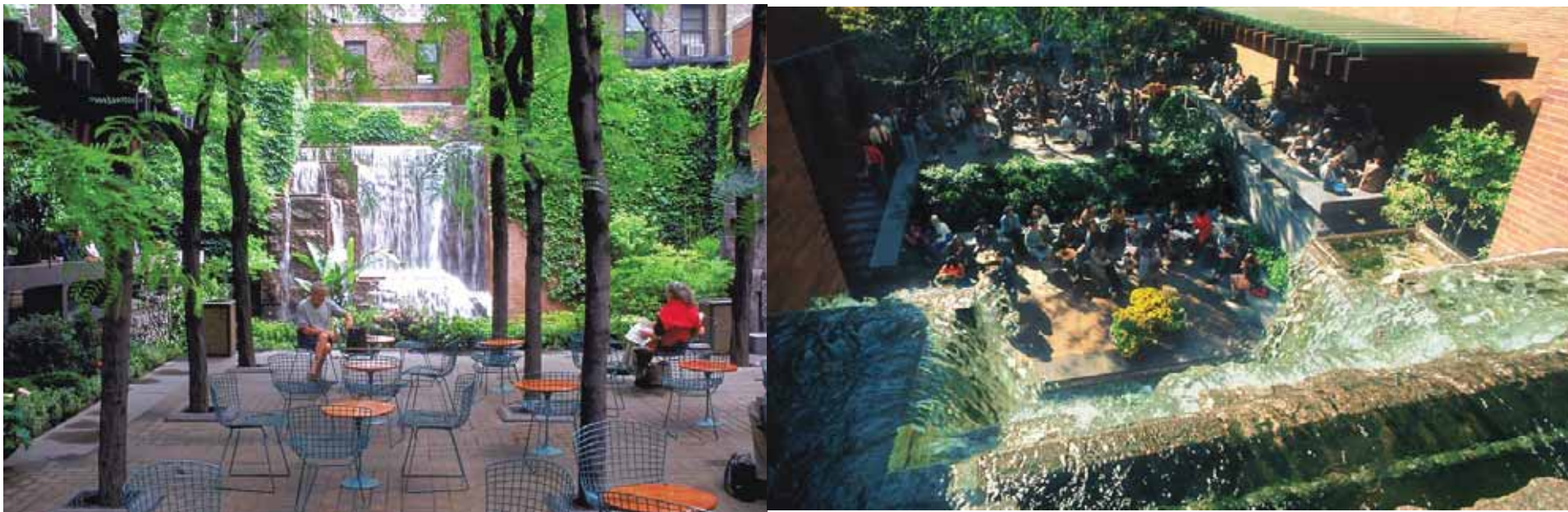






## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

### Lame d'acqua



Greenacre park, New york





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

### Lame d'acqua





## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

### L'acqua lungo i percorsi







### Fontane e giochi d'acqua

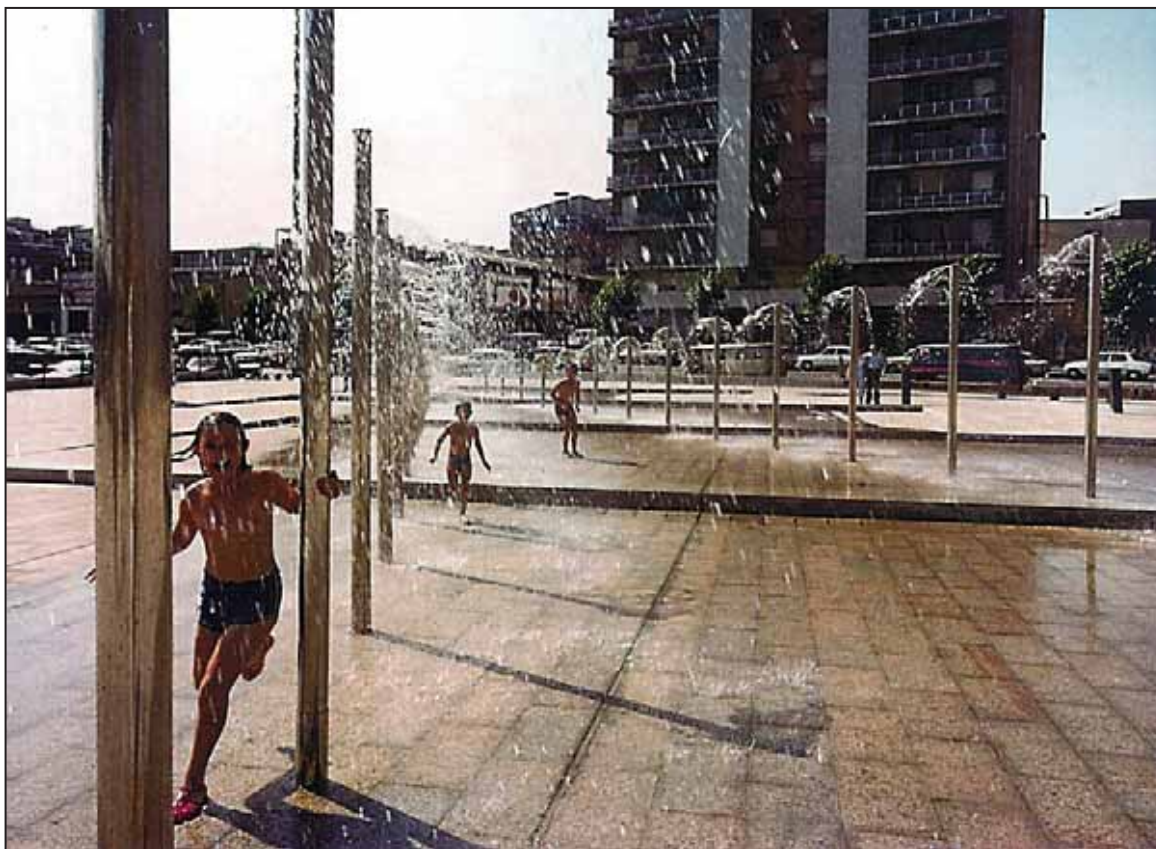
Fontana scultorea di J.M. Llorca nel Parc Atlantic, Parigi







### Fontane e giochi d'acqua





## Riduzione dell'effetto "Isola D"

### Acqua nebulizzata







## Riduzione dell'effetto "Isola Di Calore Estiva" e dell'inquinamento atmosferico

