



# CRISI CLIMATICA

WEBINAR 14-01-2021

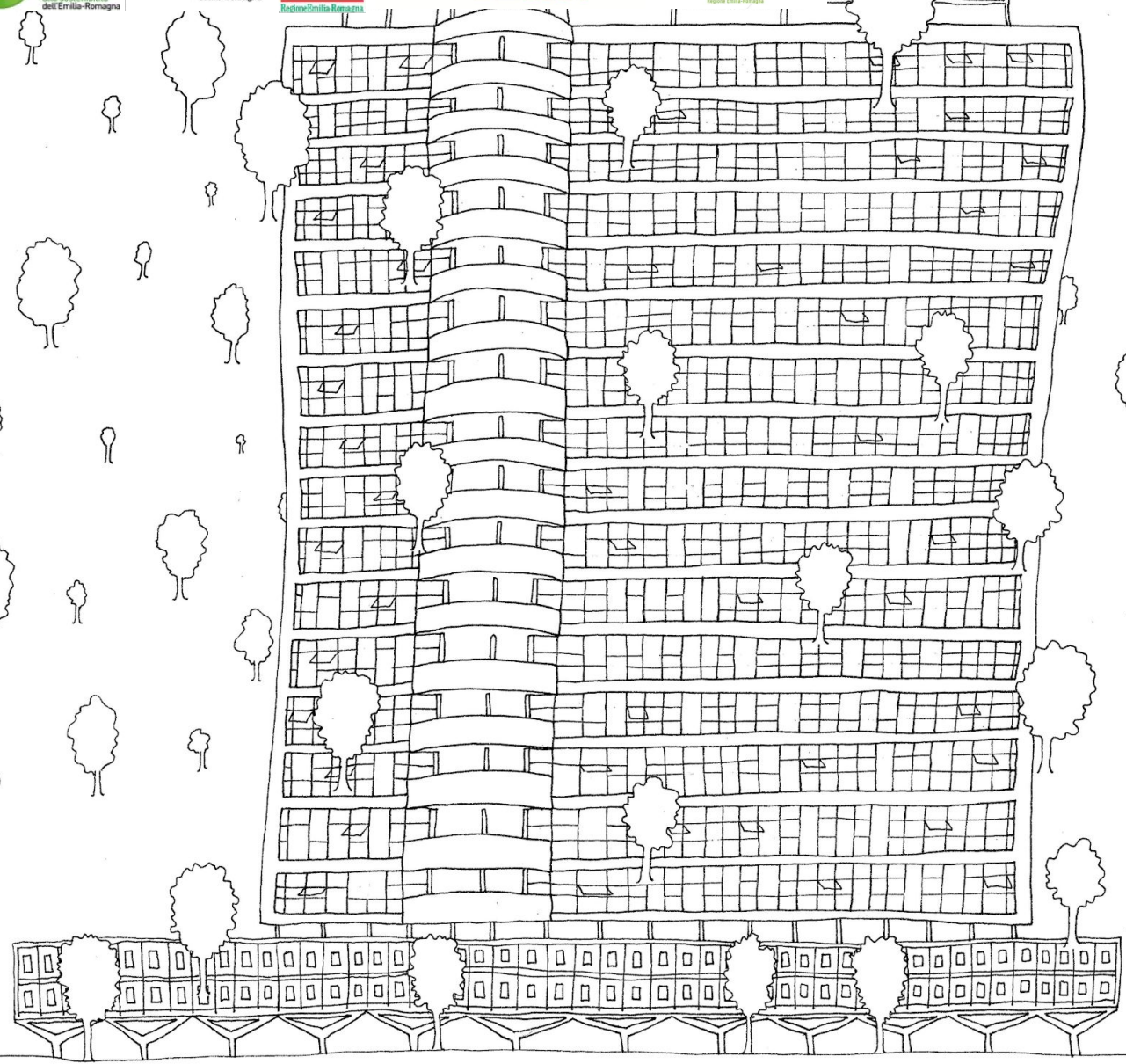
14:30-16:30

**Teodoro Georgiadis**

Istituto per la BioEconomia CNR Bologna

**Il microclima delle aree urbane**

# RESILIENZA URBANA

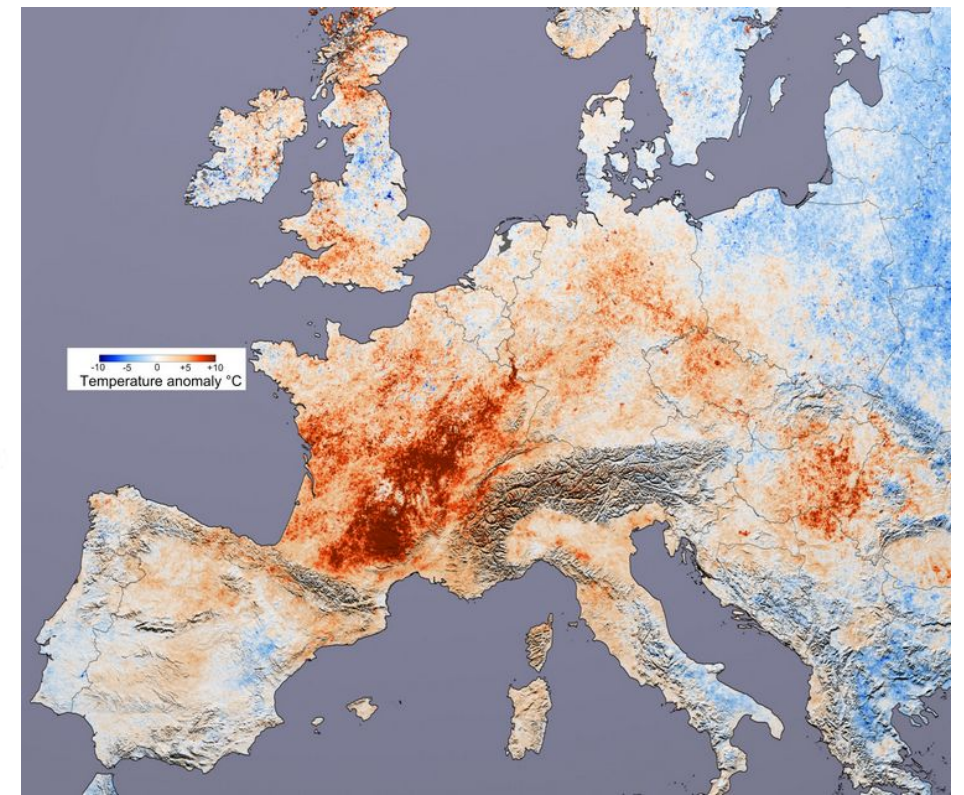
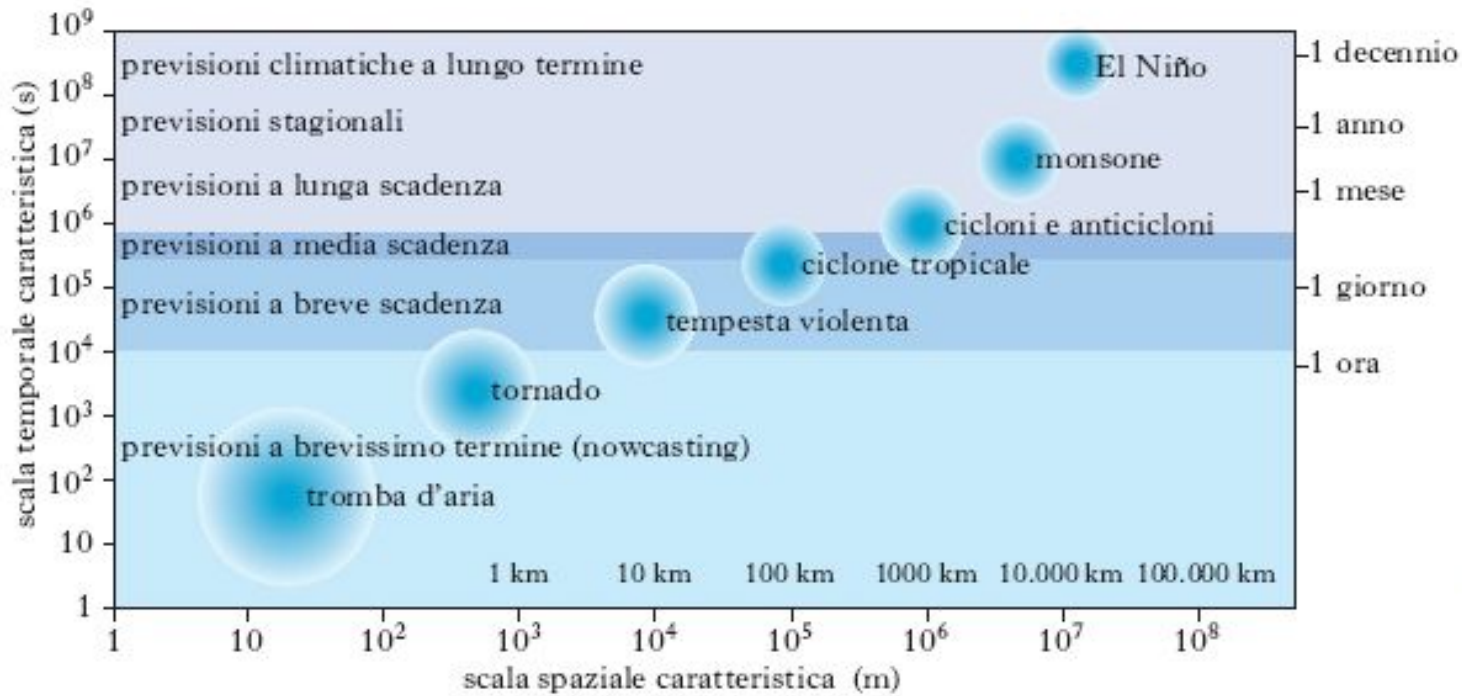


- 1. Clima delle città non è sempre clima?**
- 2. Esiste una Fisica del sistema urbano?**
- 3. Ma è solo un problema di clima, e l'inquinamento?**
- 4. La salute ha qualcosa a che fare?**

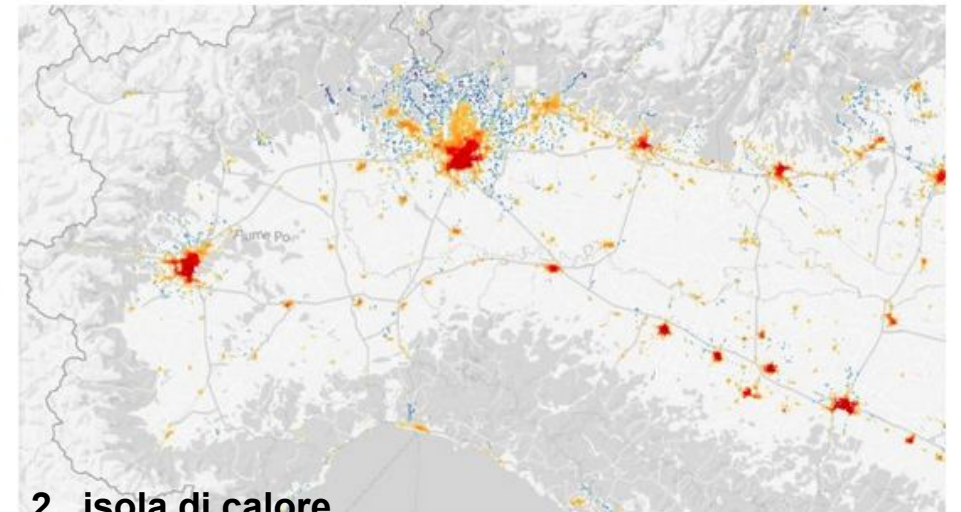
**1. Clima delle città non è sempre  
clima?**

# Ragioniamo sulle scale spaziali e temporali:

1. onde di calore
2. isole di calore



1. onda di calore



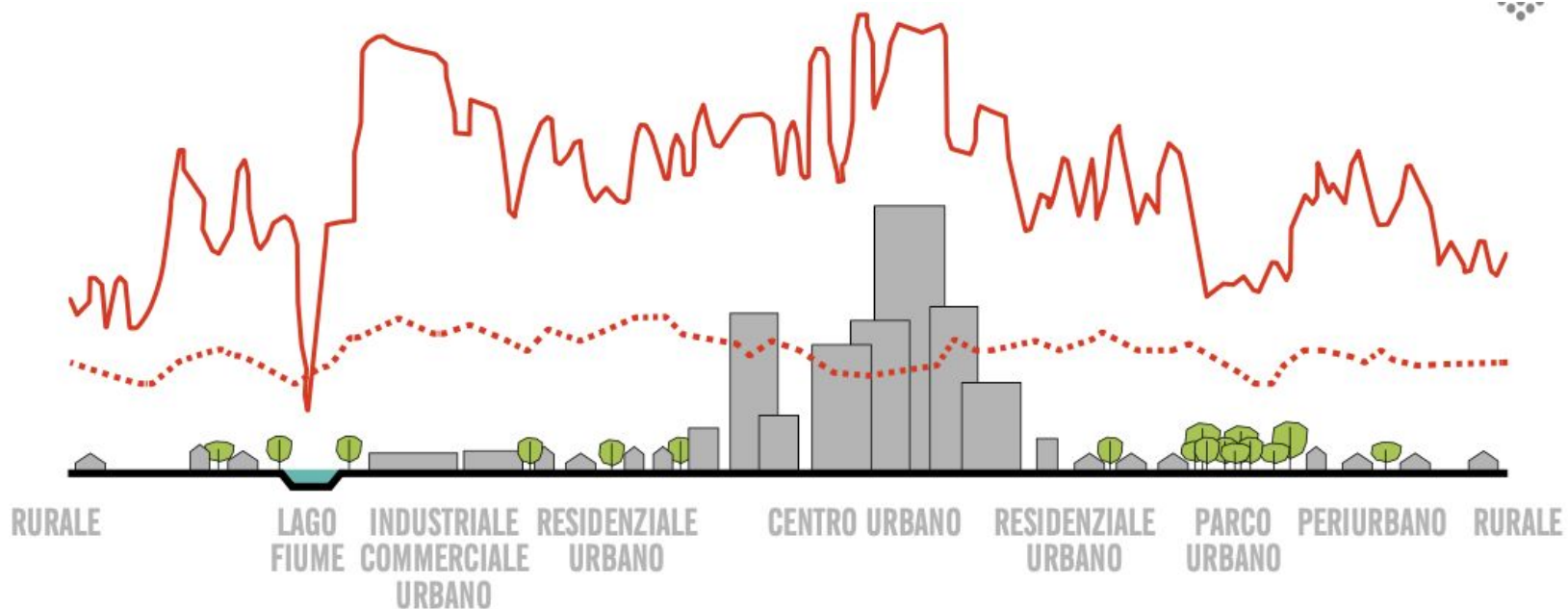
2. isola di calore



**GIORNO**

**—** TEMPERATURA  
SUPERFICIALE

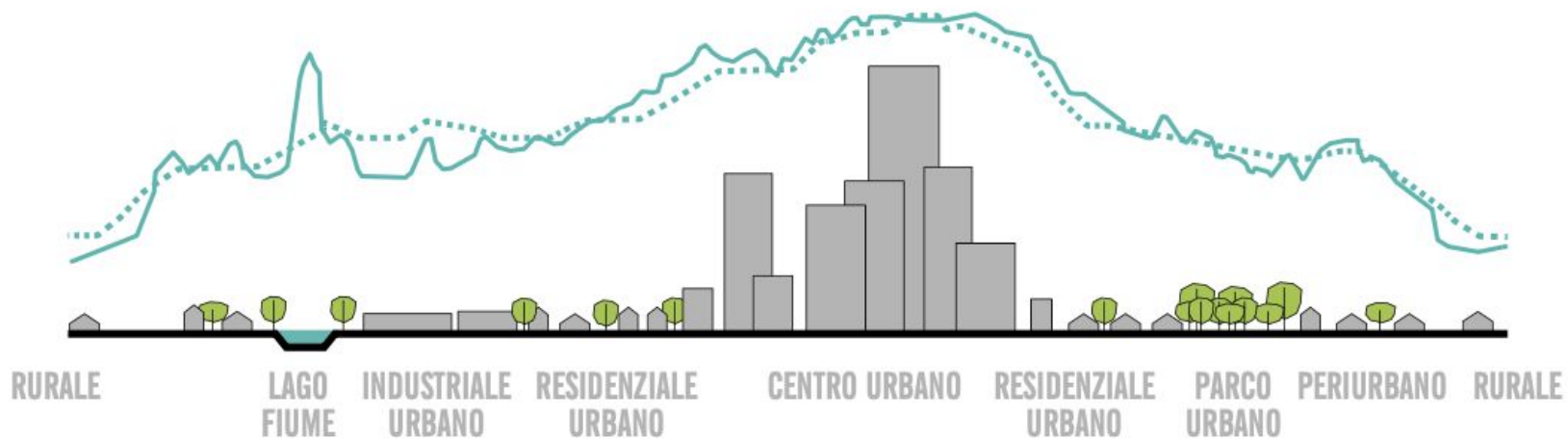
**.....** TEMPERATURA  
ARIA

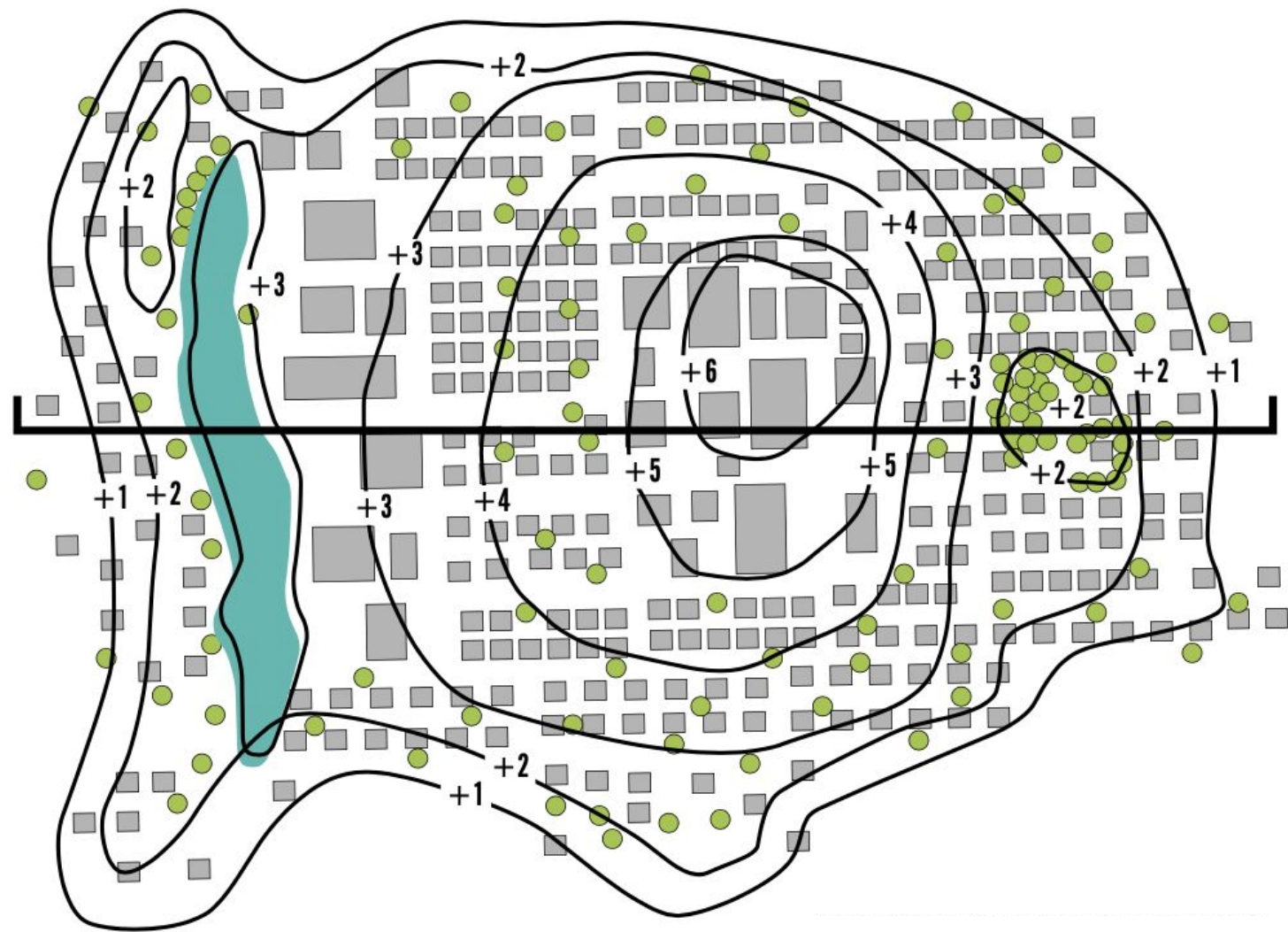


**NOTTE**

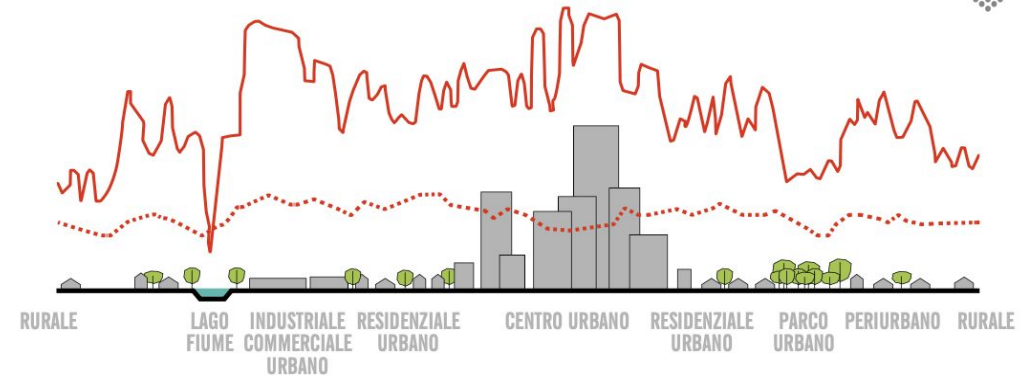
**—** TEMPERATURA  
SUPERFICIALE

**.....** TEMPERATURA  
ARIA

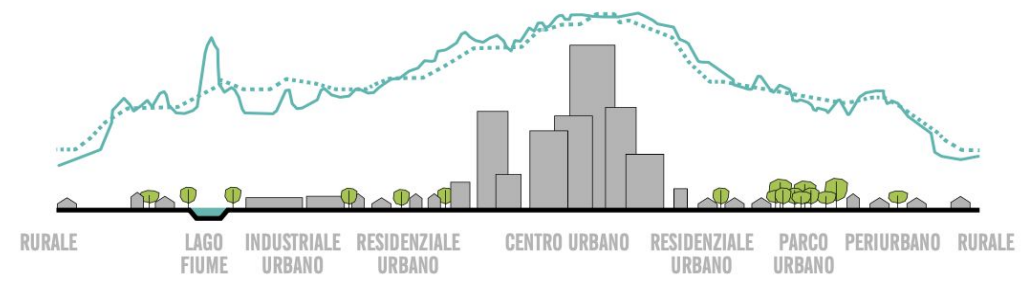




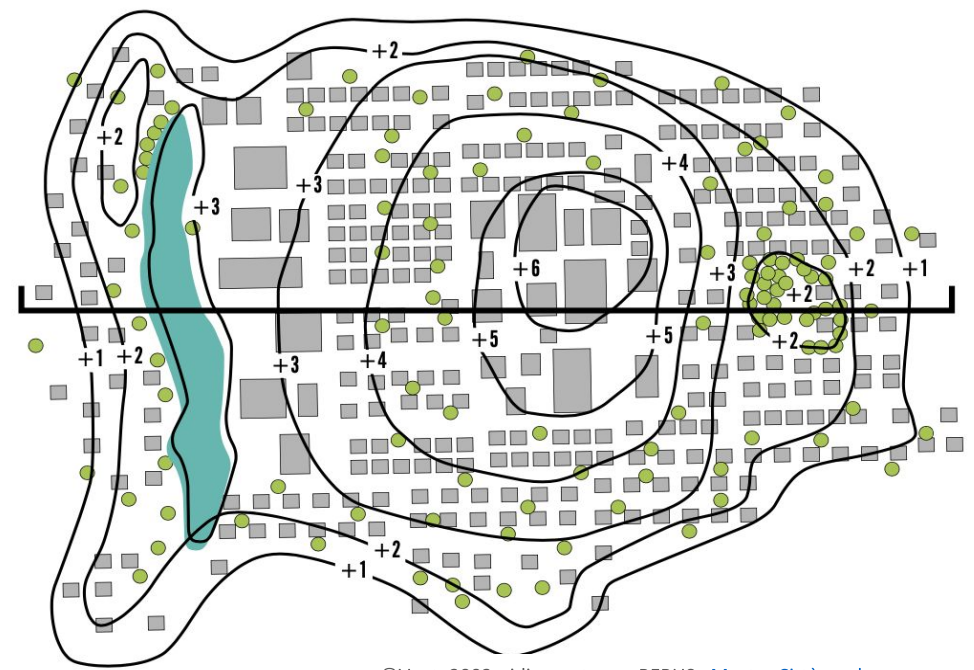
**GIORNO**  
 TEMPERATURA SUPERFICIALE  
 TEMPERATURA ARIA

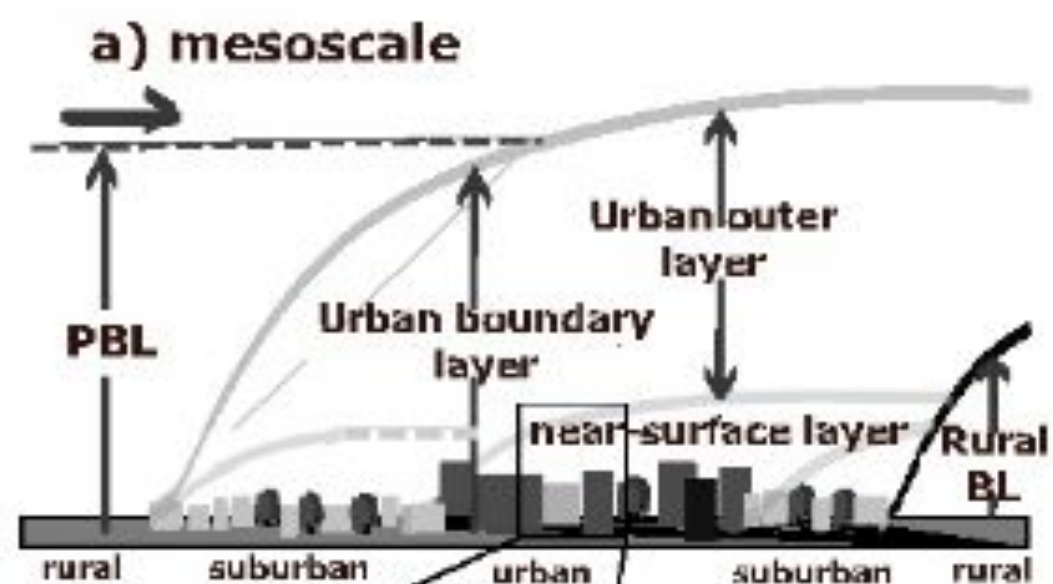


**NOTTE**  
 TEMPERATURA SUPERFICIALE  
 TEMPERATURA ARIA

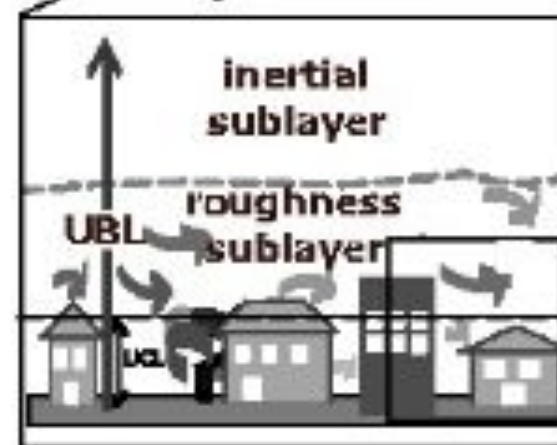


**VENTO DIREZIONE**

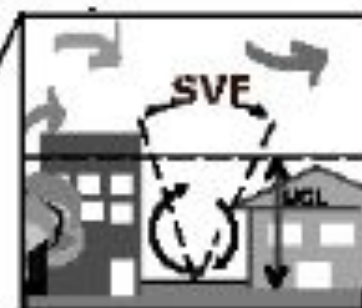




**b) local scale**

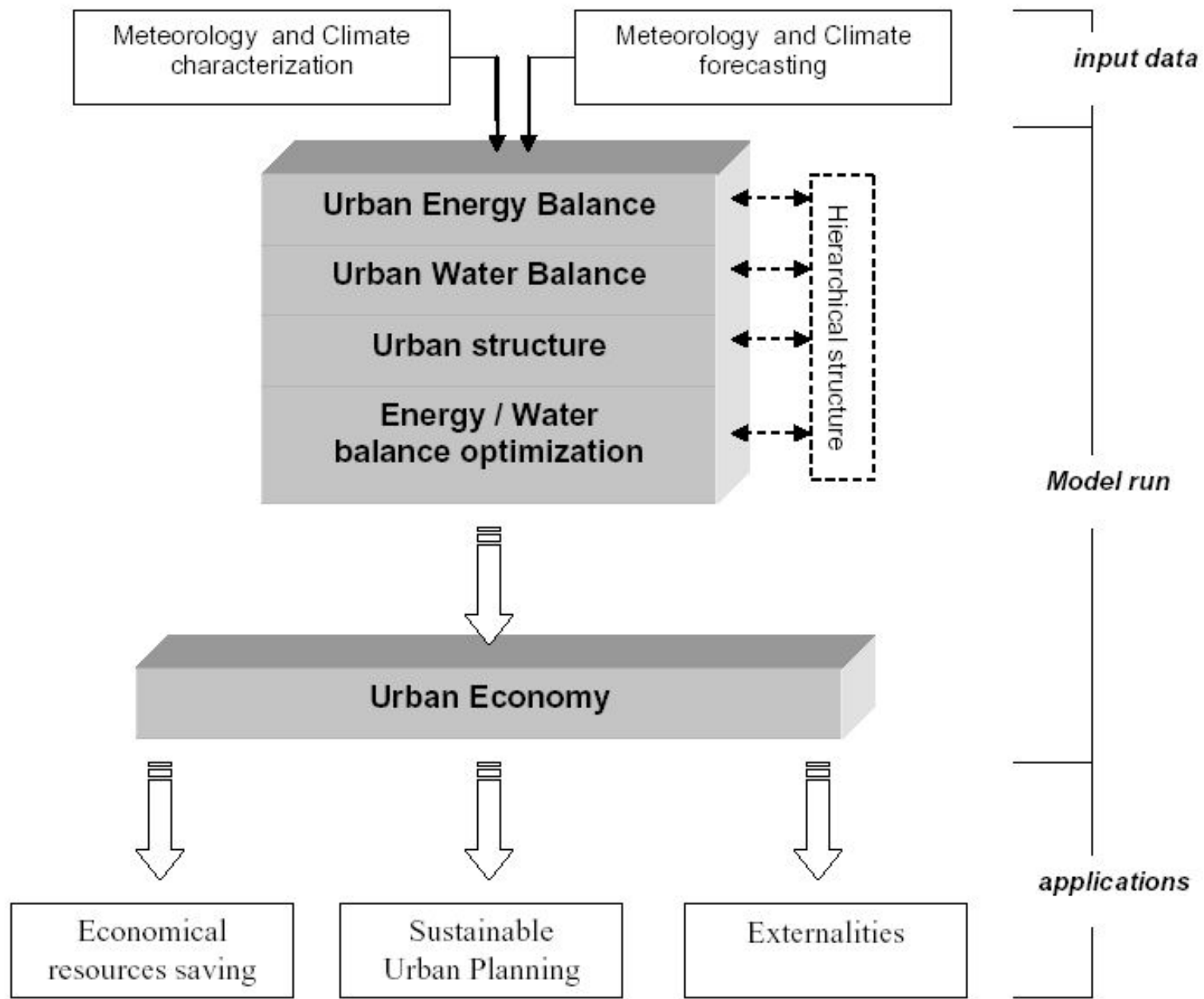


**c) microscale**





**2. Esiste una Fisica del sistema urbano?**

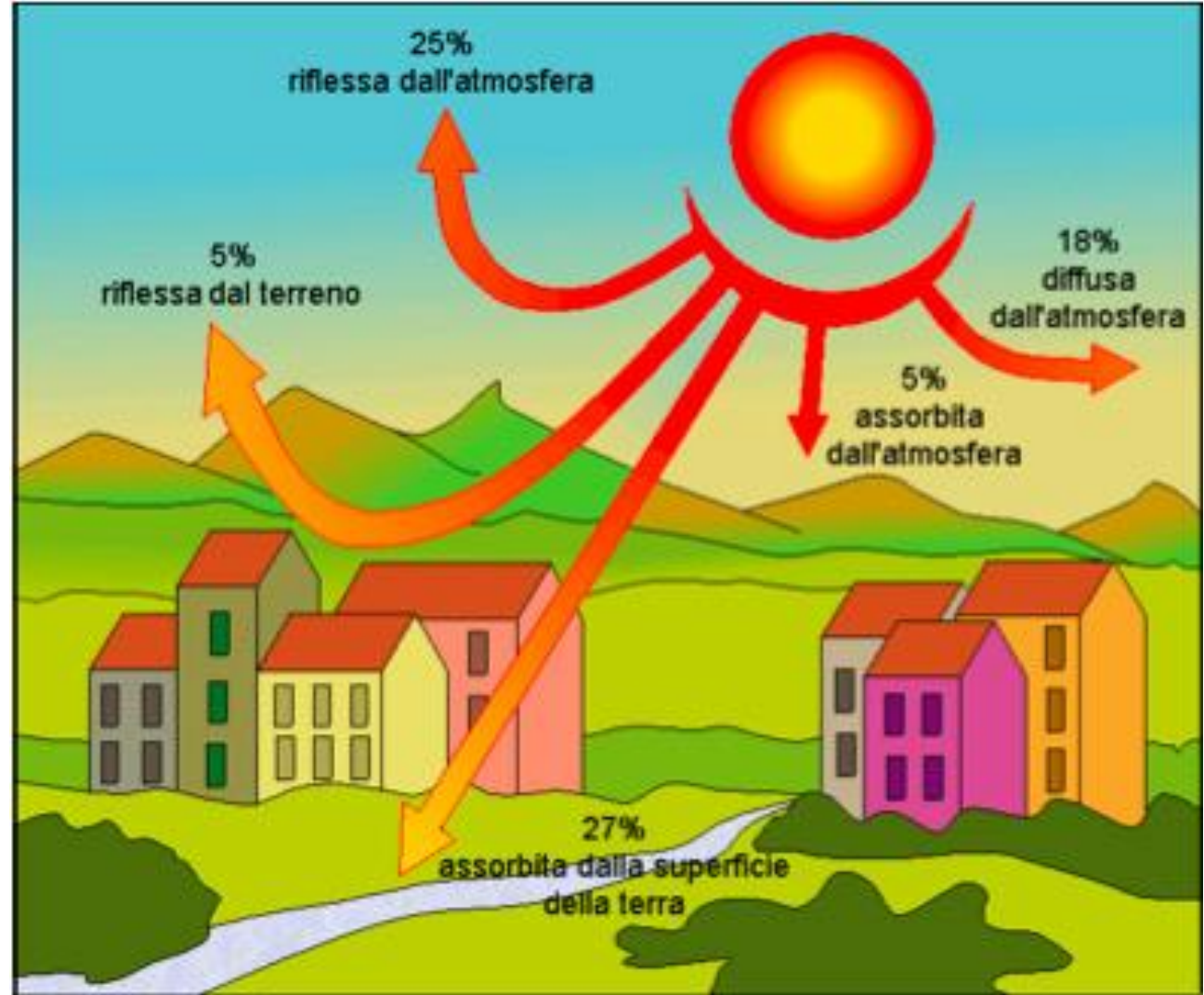


# Il bilancio energetico superficiale

$$R_n = H + LE + G + M + F$$

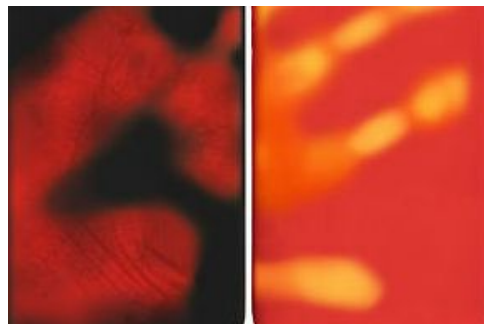
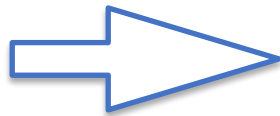
# Rn Radiazione Netta

e' la differenza tra la radiazione solare ricevuta al suolo e quella retroriflessa, e rappresenta la quota di radiazione che sarà utilizzata nei processi superficiali.

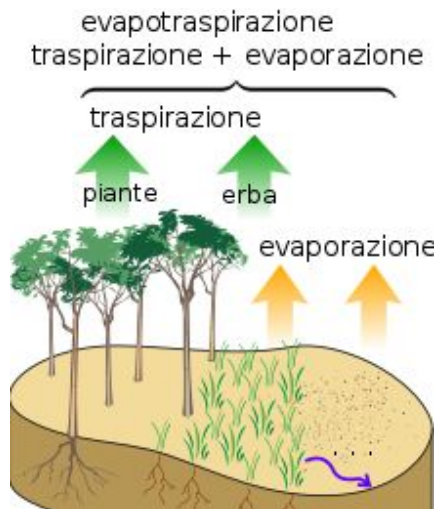
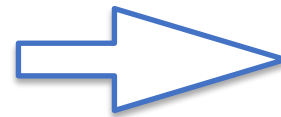


# I processi superficiali:

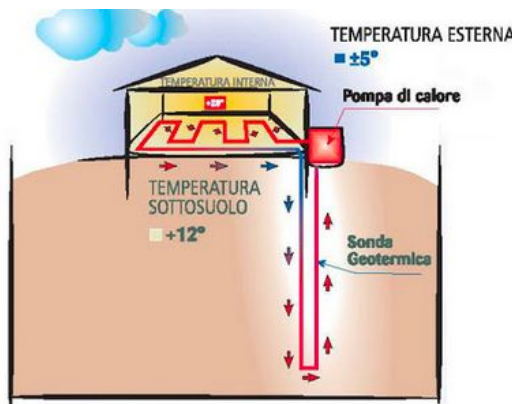
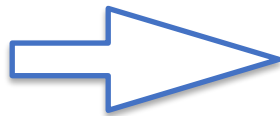
H flusso di calore sensibile



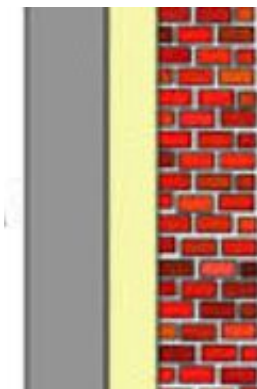
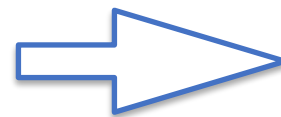
LE flusso di calore di evapo-traspirazione



G flusso di calore nel substrato

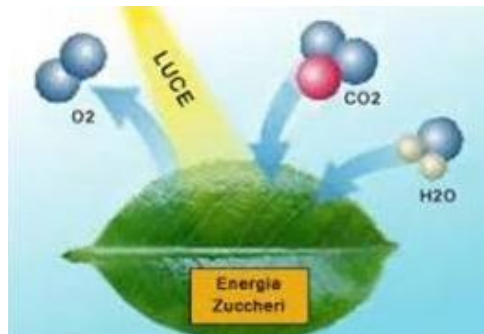
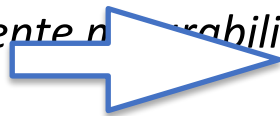


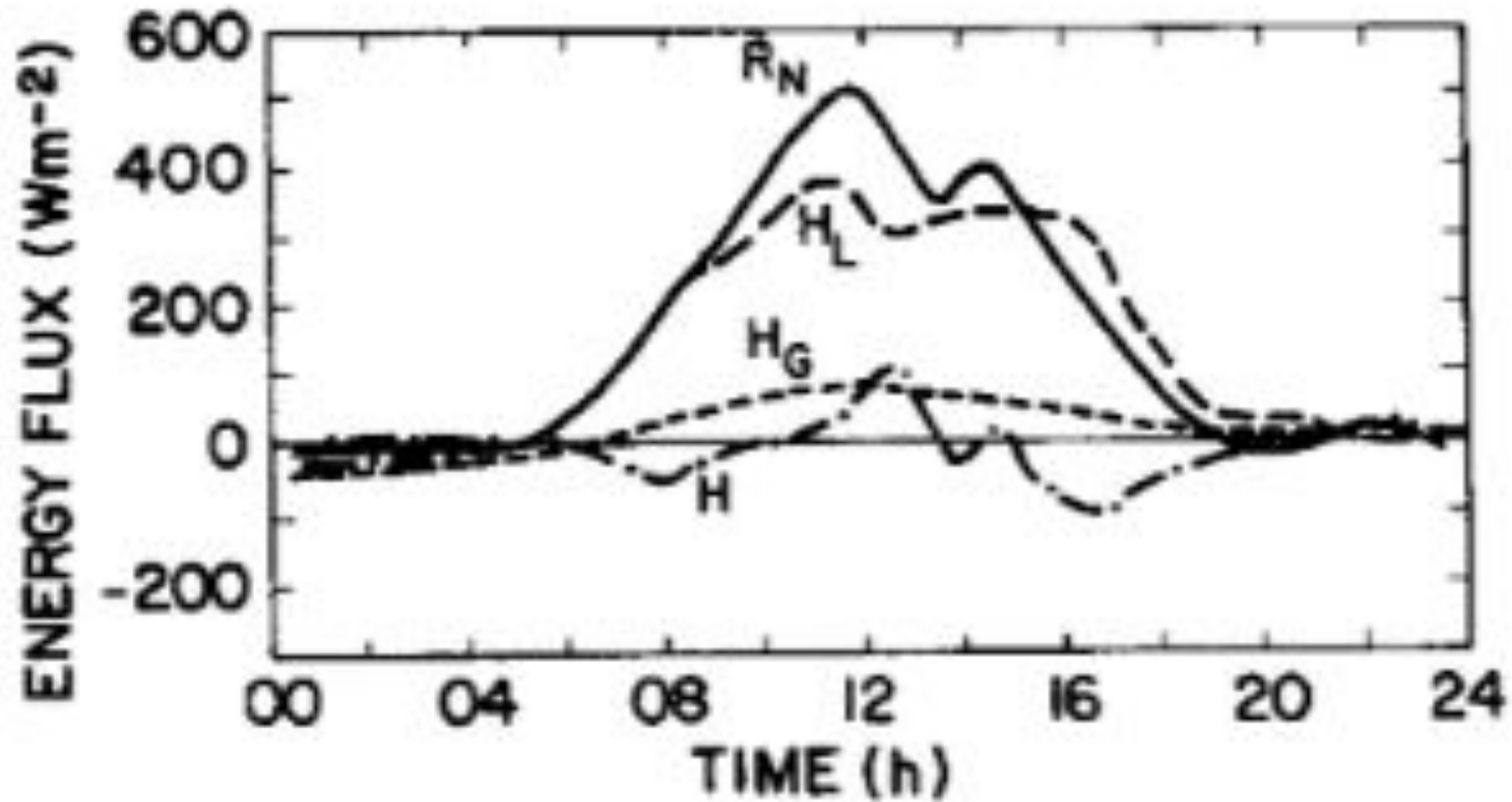
M calore trattenuto dal mezzo



F fotosintesi

*nota: sono tutti abbastanza facilmente misurabili*





**Bilancio energetico superficiale di un campo d'orzo.** Ma e' sempre cosi'?  
 NO! E' questo il bello degli studi del bilancio in un sistema urbano perché ogni singolo flusso viene modulato dalle presenza delle caratteristiche proprietà del sistema - acqua, costruito, vegetazione, impermeabilizzazione suolo



Figure 3a: Typical Daily Summer Rural Energy Balance

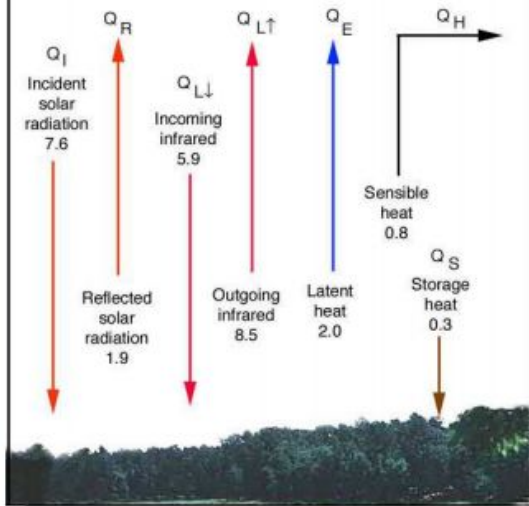
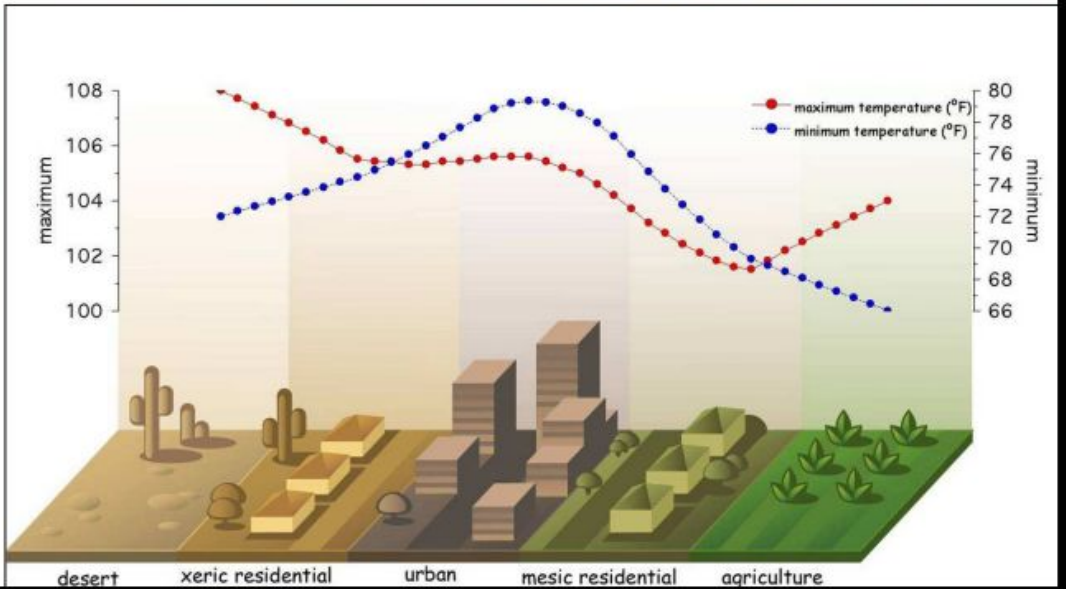
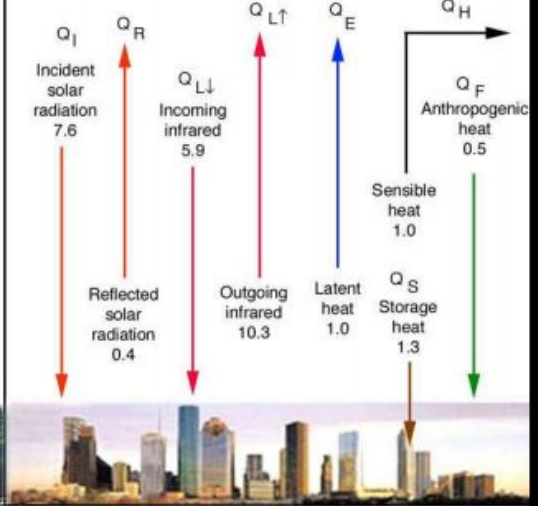


Figure 3b: Typical Daily Summer Urban Energy Balance



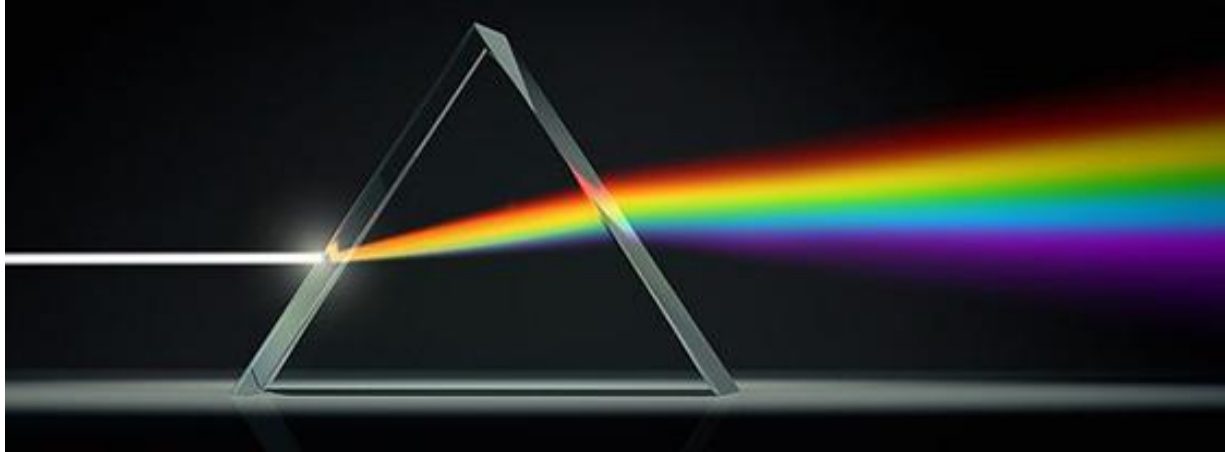
## Il bilancio radiativo superficiale

$$R_n = (S_{wi} - S_{wo}) + (L_{wi} - L_{wo})$$

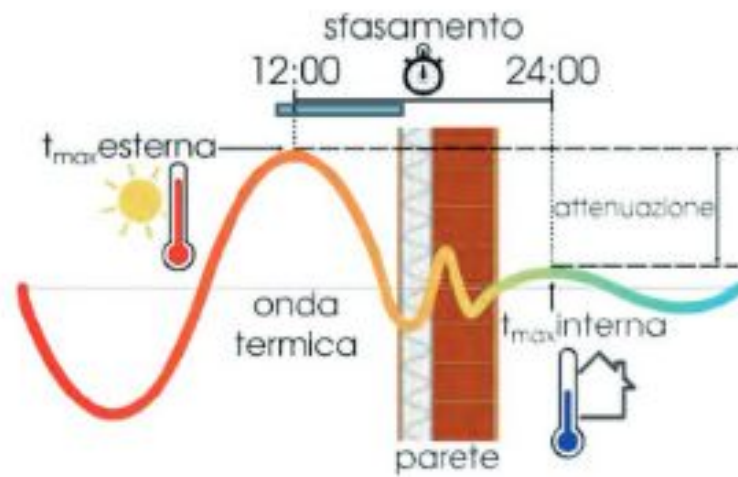
$$\text{albedo} = S_{wo}/S_{wi} \quad \text{tra 0 e 1}$$

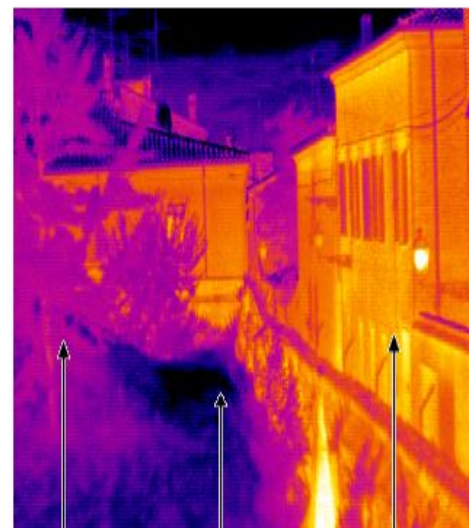
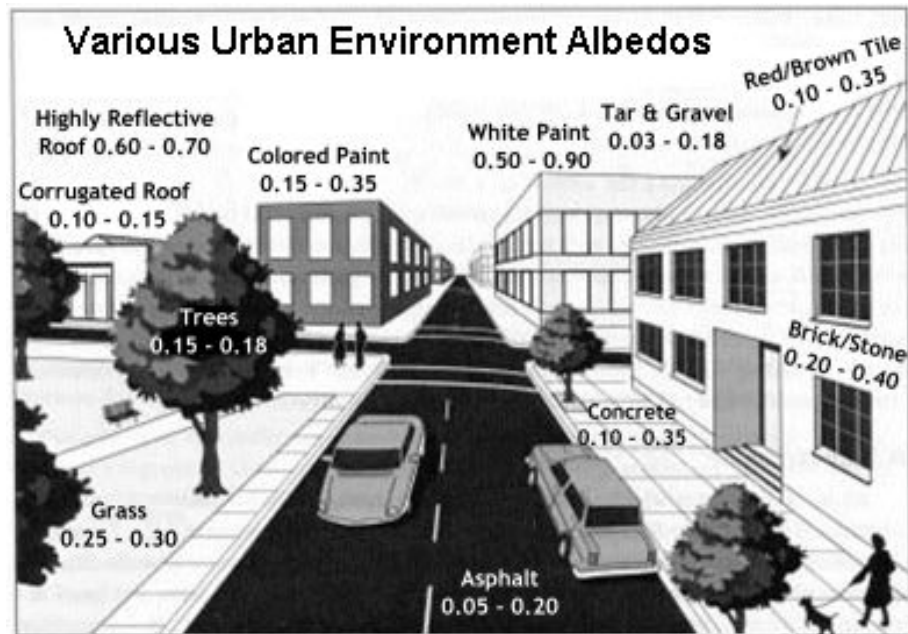


## Proprietà ottiche dei materiali

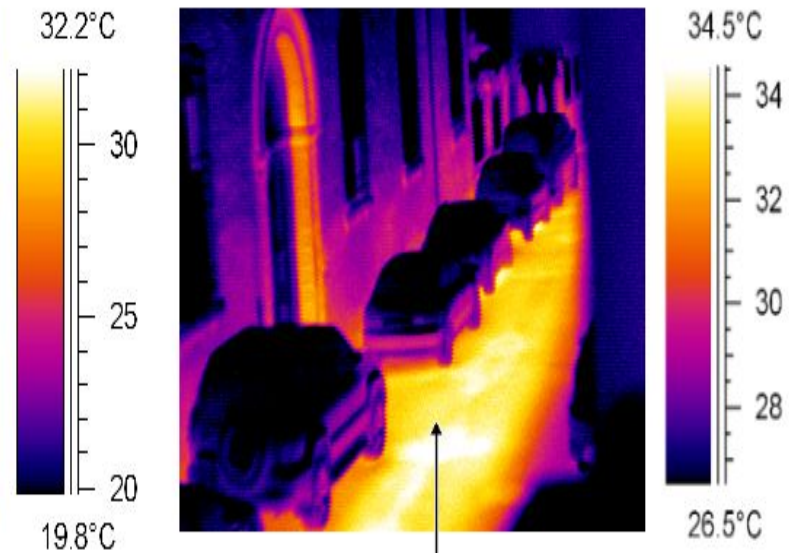


## Proprietà di emissione e capacità termica dei materiali



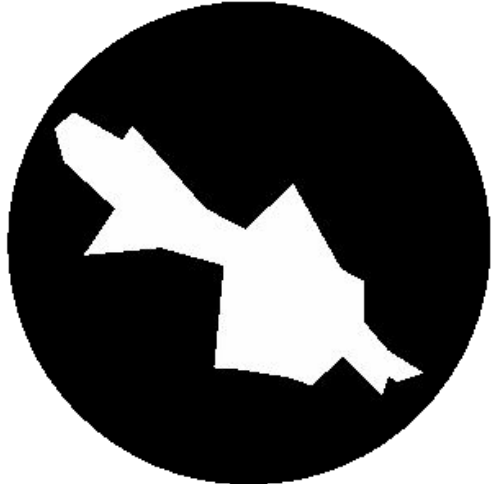
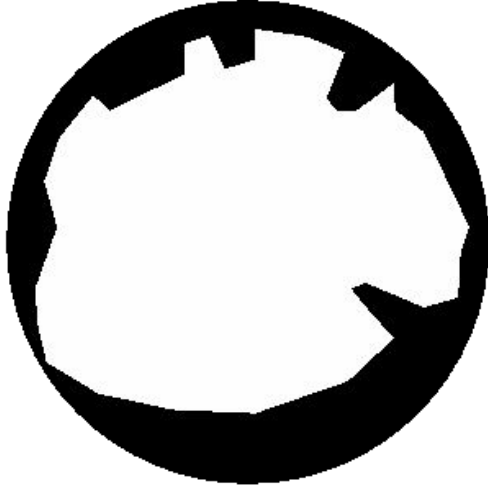
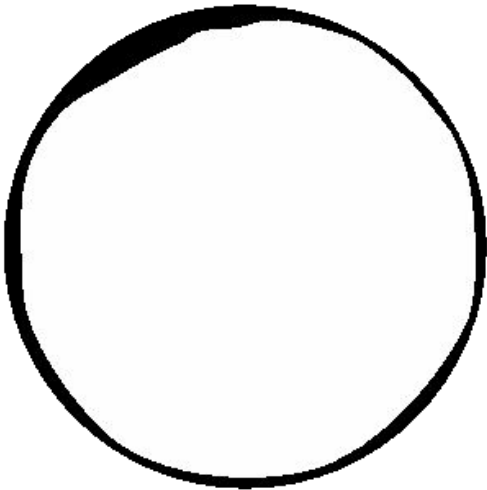


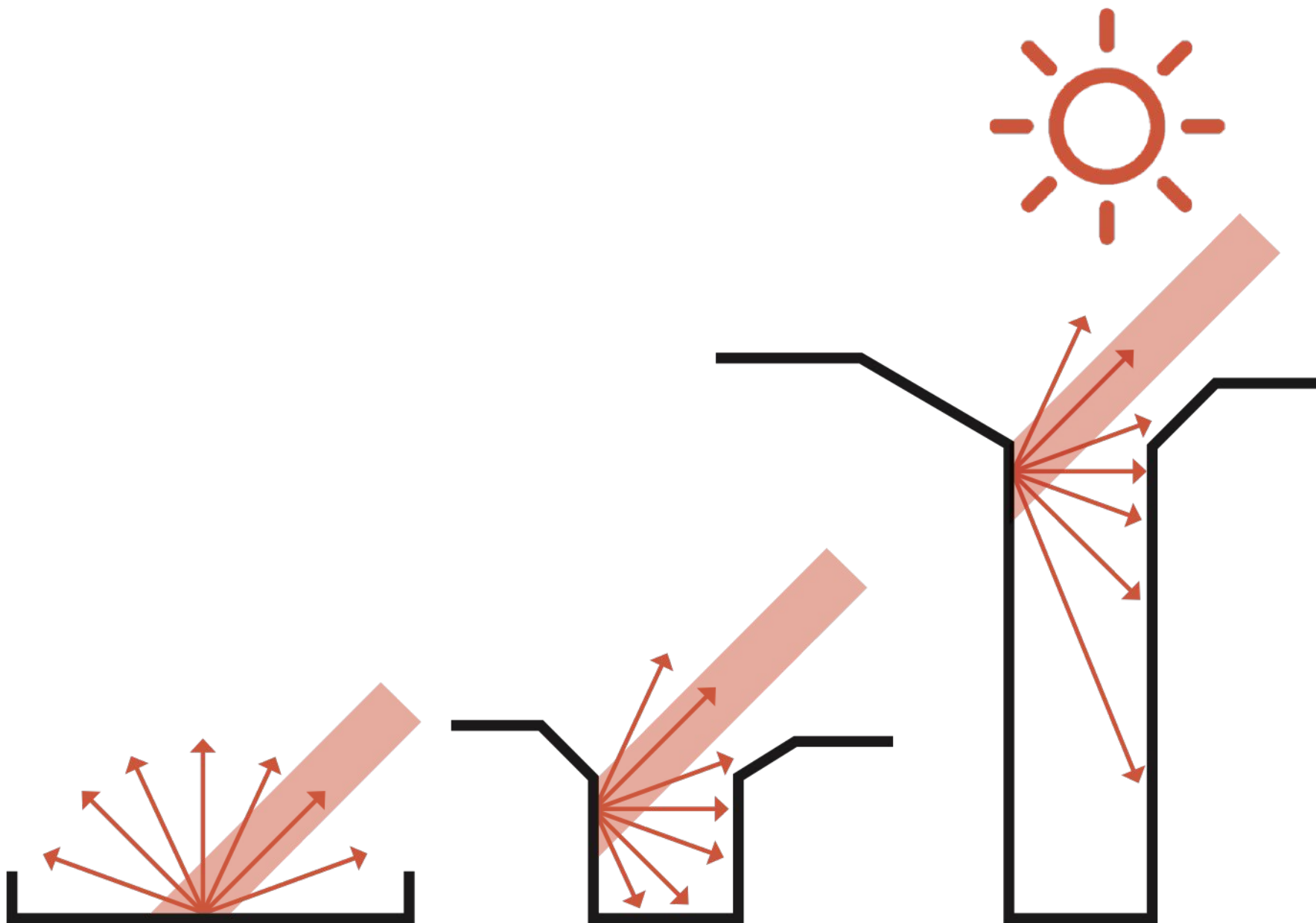
Albero ad alto fusto  
Prato  
Facciata in mattoni



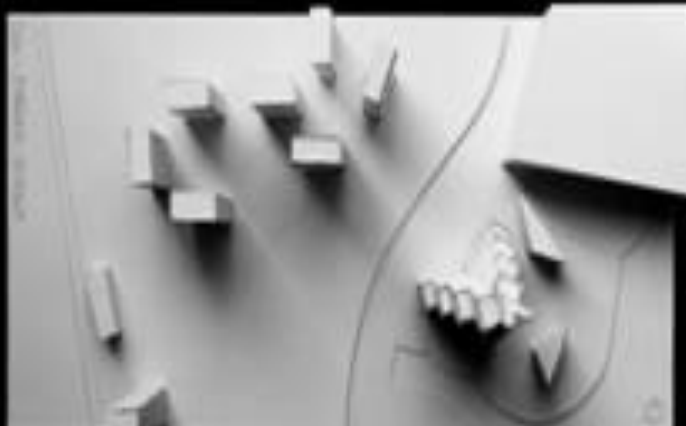
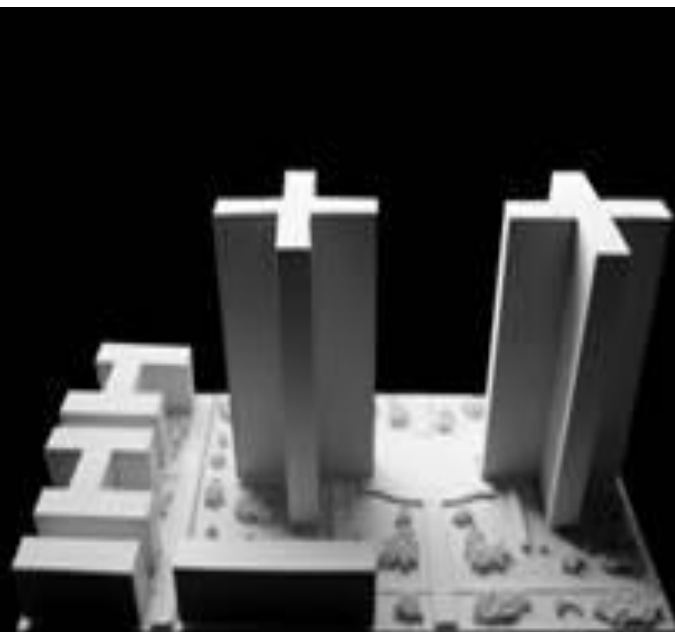
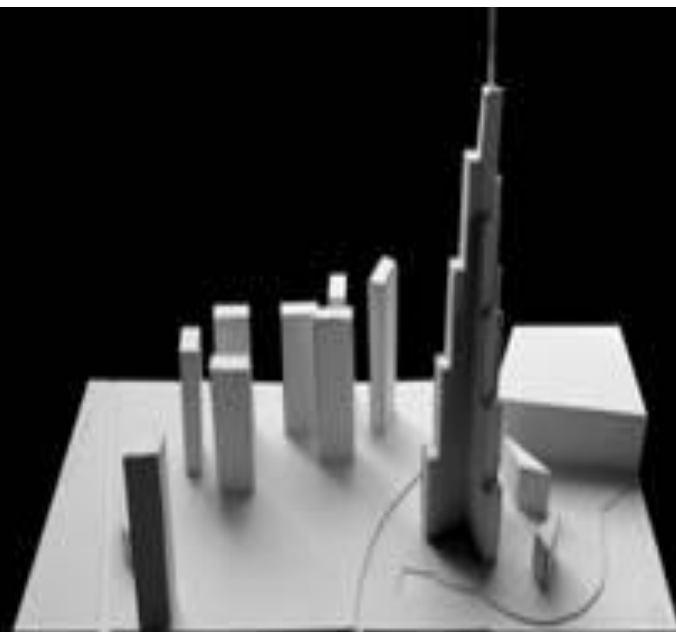
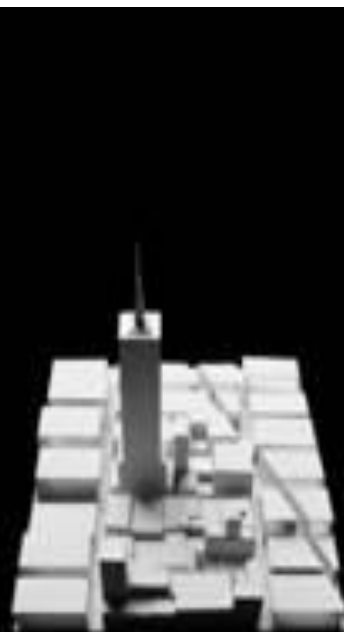
Asfalto

Sky View Factor





grafiche REBUS, Mostra Città per le persone



$$dS/dt = INP - OUT$$



### Water-Sensitive Cities Framework

#### Urban water transition phases

#### Drivers

Population growth | Public health | Population growth and development | Social amenity and environmental health | "Limits to growth" | Intergenerational equity, resilience to climate change

Water Supply City | Sewered City | Drained City | Waterway City | Water Cycle City | Water-sensitive City

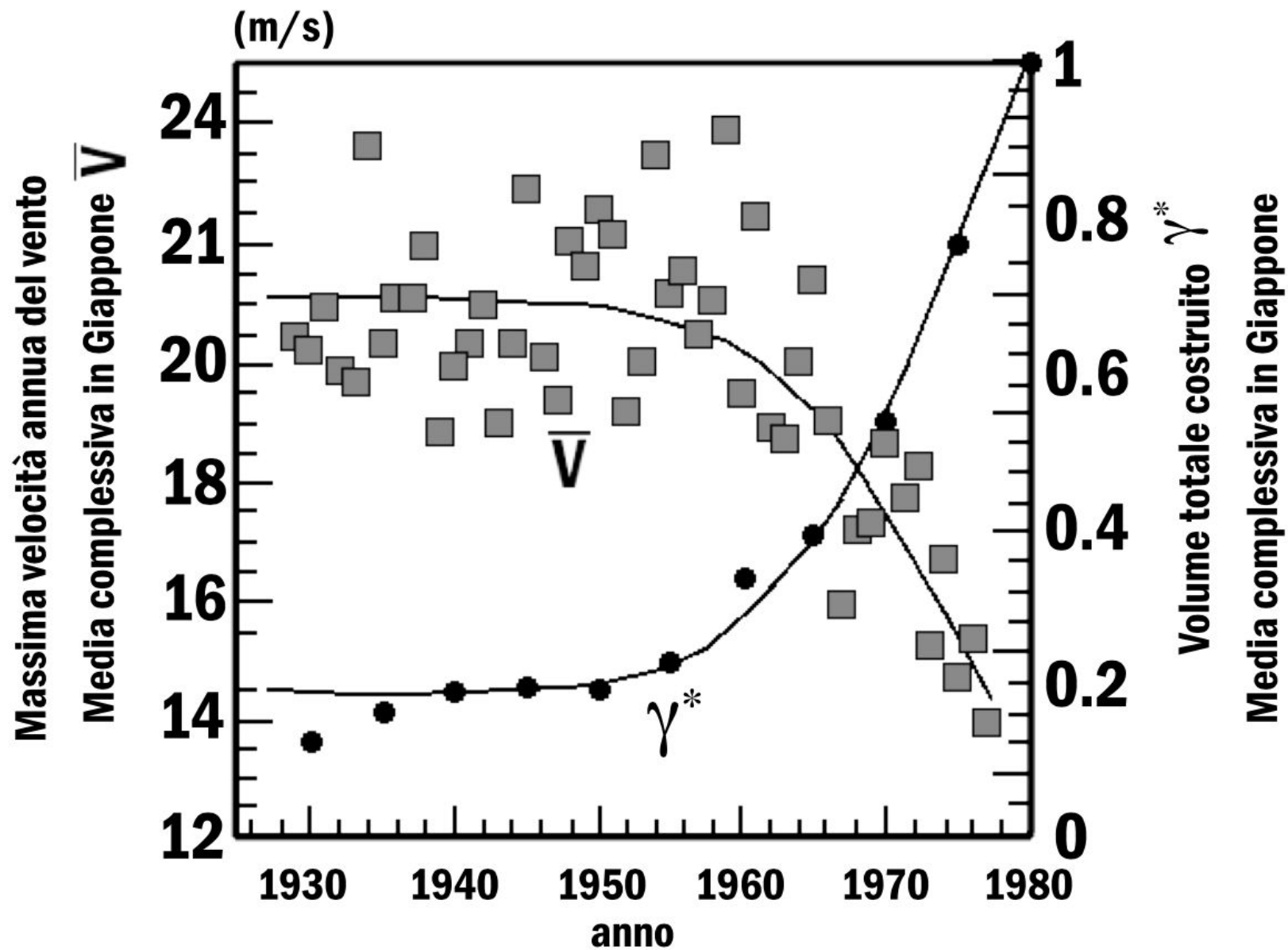
Supply hydraulics | Separate sewerage schemes | Drainage / flood protection | Point source and diffuse (storm water) pollution management | Diverse, fit-for-purpose sources and conservation promoting and linked with waterway protection | Adaptive and multi-functional infrastructures and landscapes reinforcing water-sensitive behaviors

#### Management response

Source: Based on T. Wong and R. R. Brown. 2009. *The Water Sensitive City: Principles for Practice*. *Water Science and Technology* 60(3):673-682.

Bilancio idrologico alla superficie e modelli di città

Evoluzione delle relazioni tra la velocità del vento e il volume totale del costruito in Giappone. (©Yukio Tamura et al., 1999)



**3. Ma è solo un problema di clima, e l'inquinamento?**

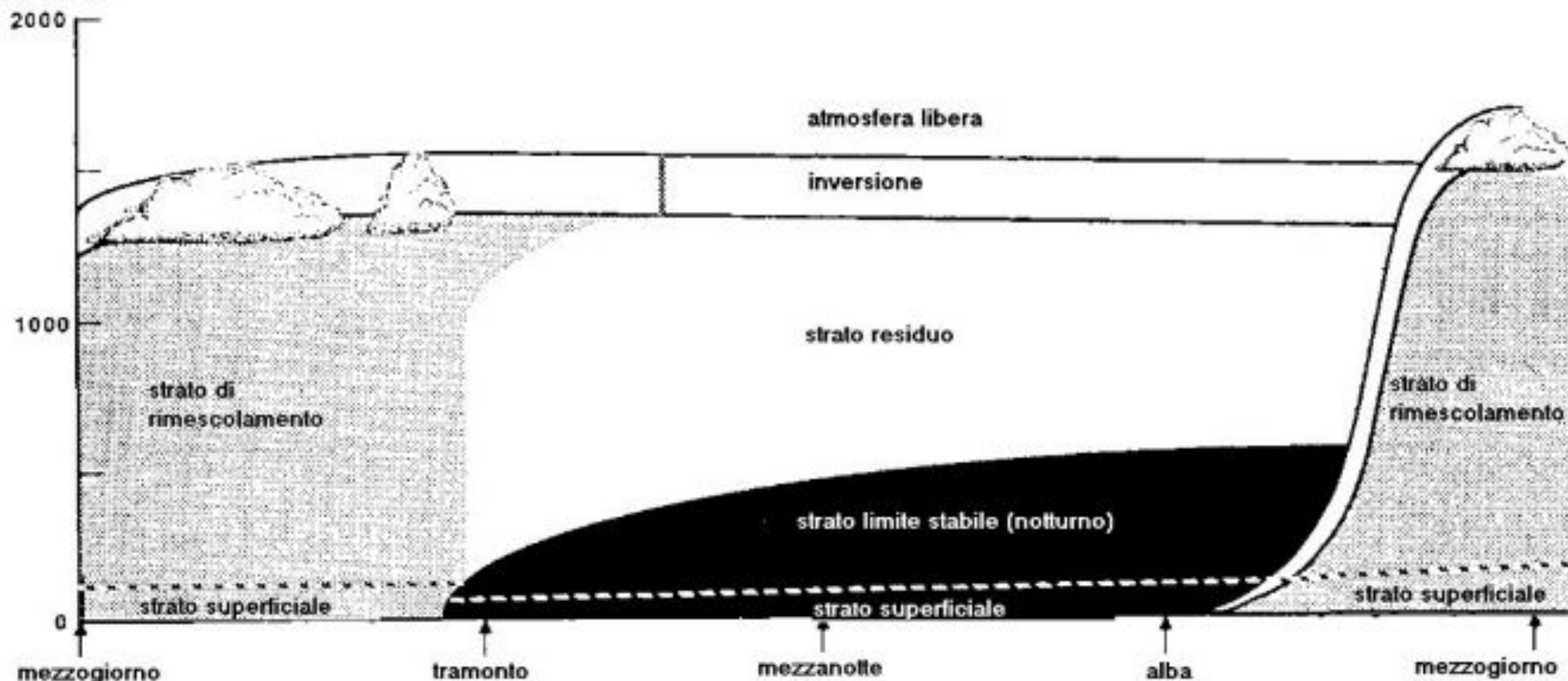


## INQUINAMENTO E CLIMA

L'ambiente urbano è il luogo dove gli effetti del microclima e il comportamento degli inquinanti sono perfettamente accoppiati. Gli inquinanti emessi dalle attività antropiche sono soggetti a fenomeni di trasporto e deposizione e quindi fortemente influenzati dai flussi anemologici dell'ambiente circostante. Particolarmente per i gas e le particelle di piccole dimensioni, possiamo assumere che questi siano trasportati dalla circolazione locale e risentano della turbolenza propria generata dall'interazione dell'aria con la superficie.

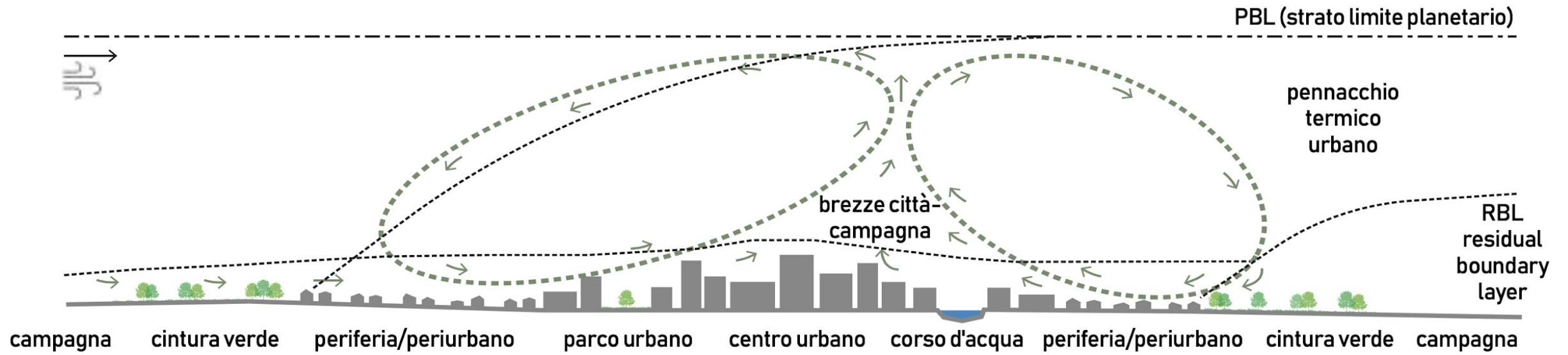
Questa interazione può essere di origine meccanica o termica, ovvero causata dal fenomeno della rugosità superficiale, che frena il flusso della massa d'aria nel contatto con la superficie, o dallo scambio di calore, sempre con le superfici con cui il flusso entra in contatto. Dunque, microclima e comportamento degli inquinanti dipendono anche dall'organizzazione spaziale della città e dalle proprietà termiche del costruito (T. Georgiadis).

altezza (m)

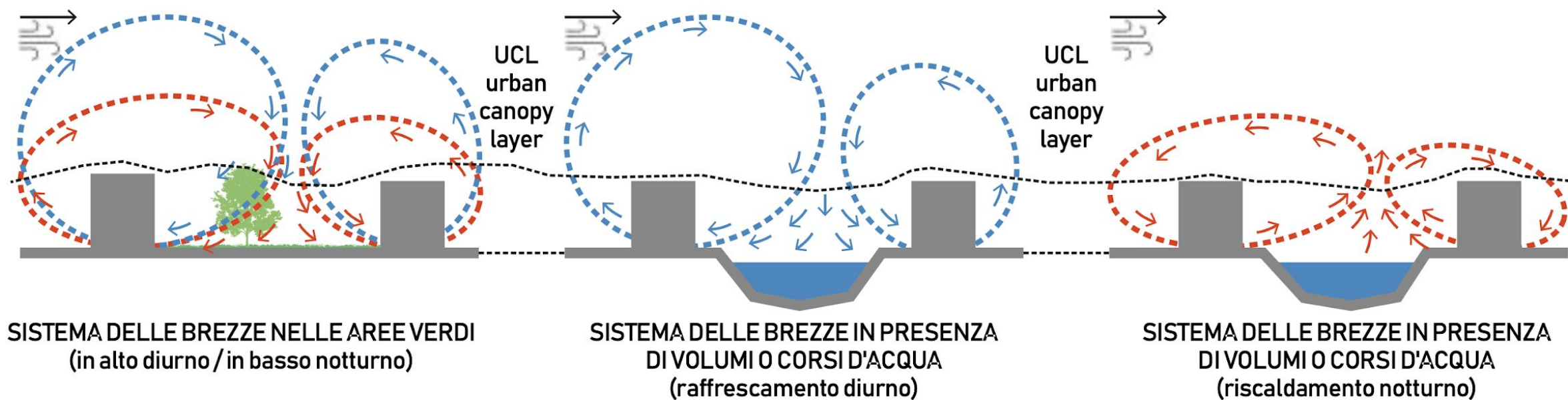


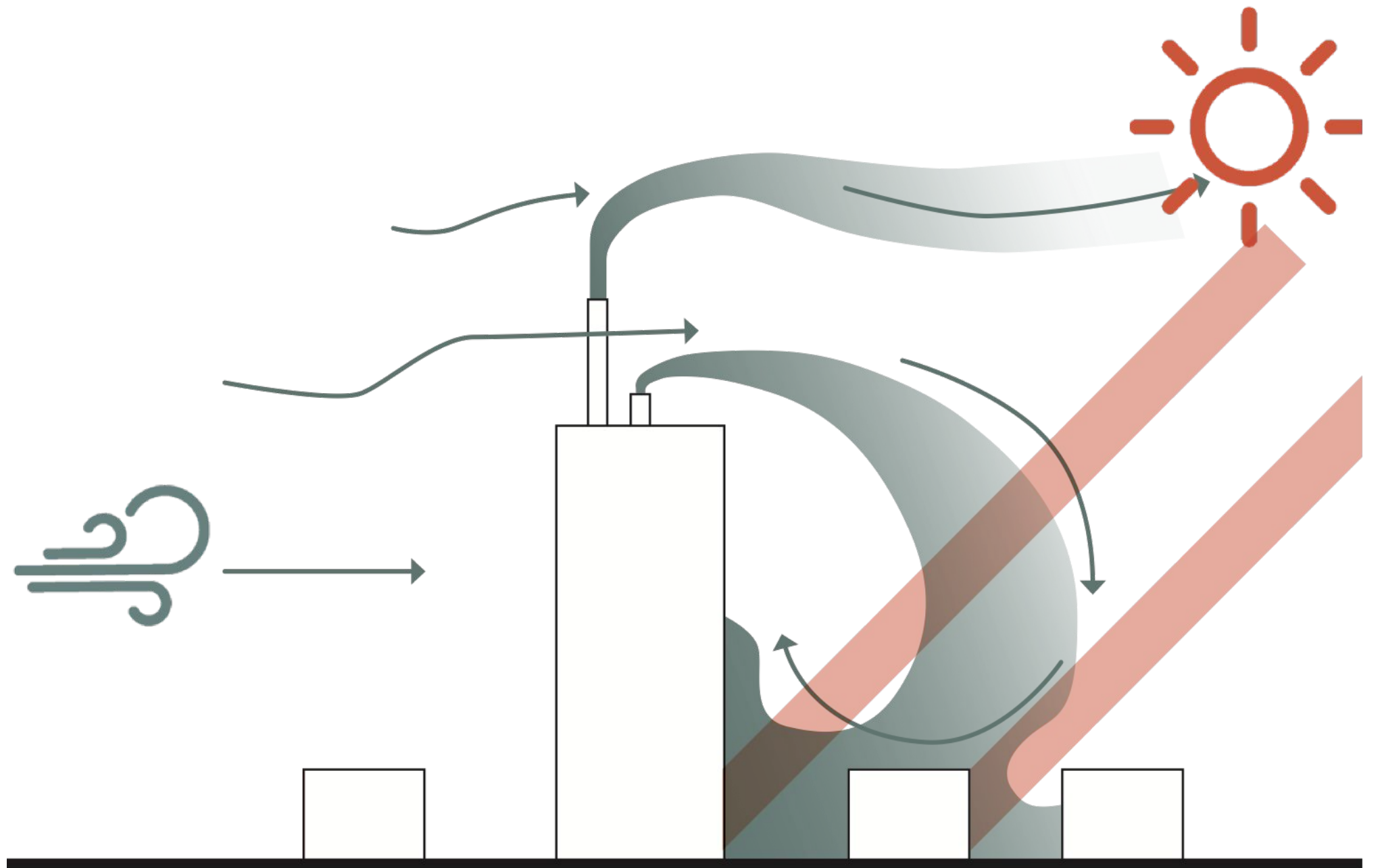
ora locale

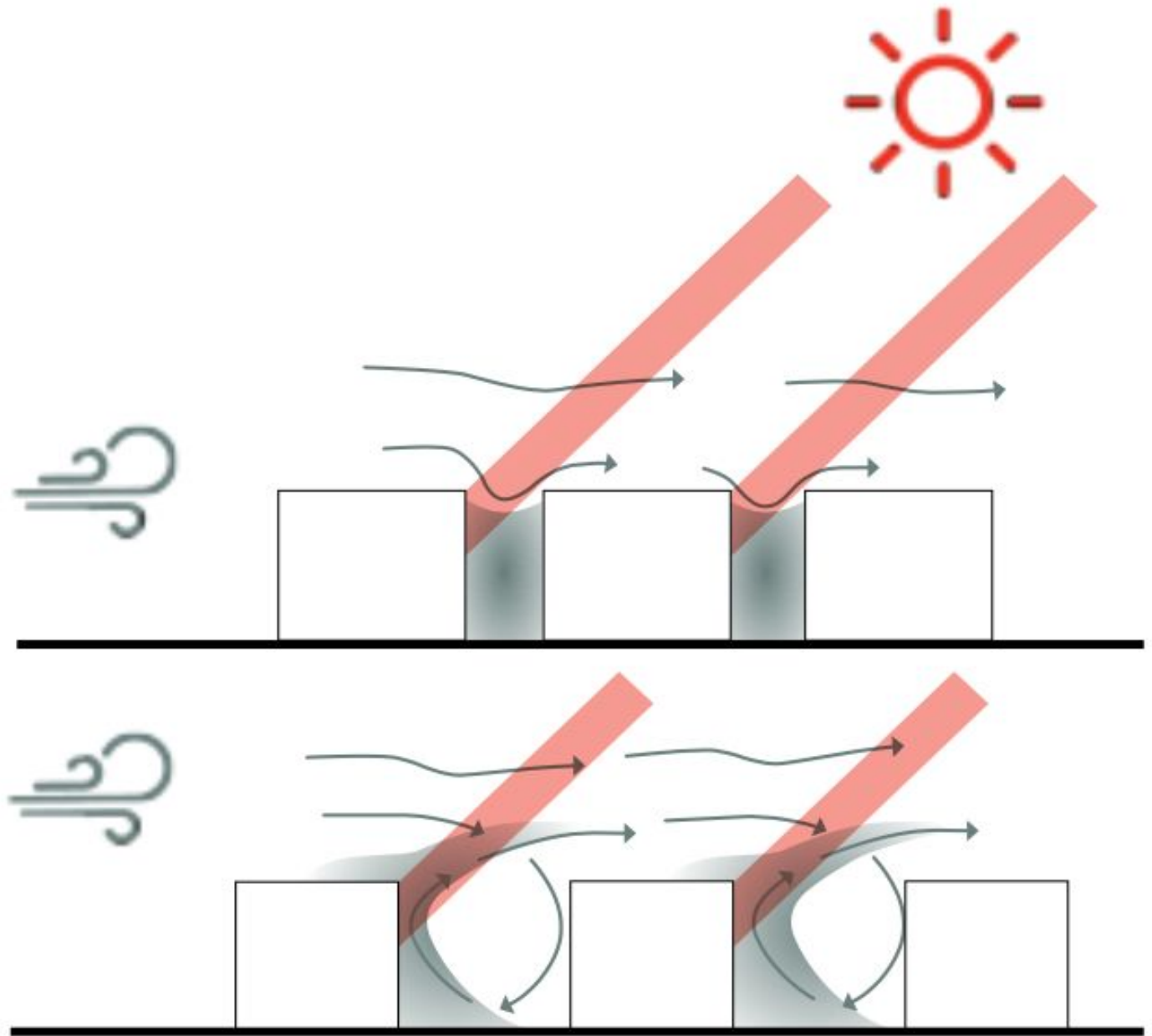
# Mesoscala



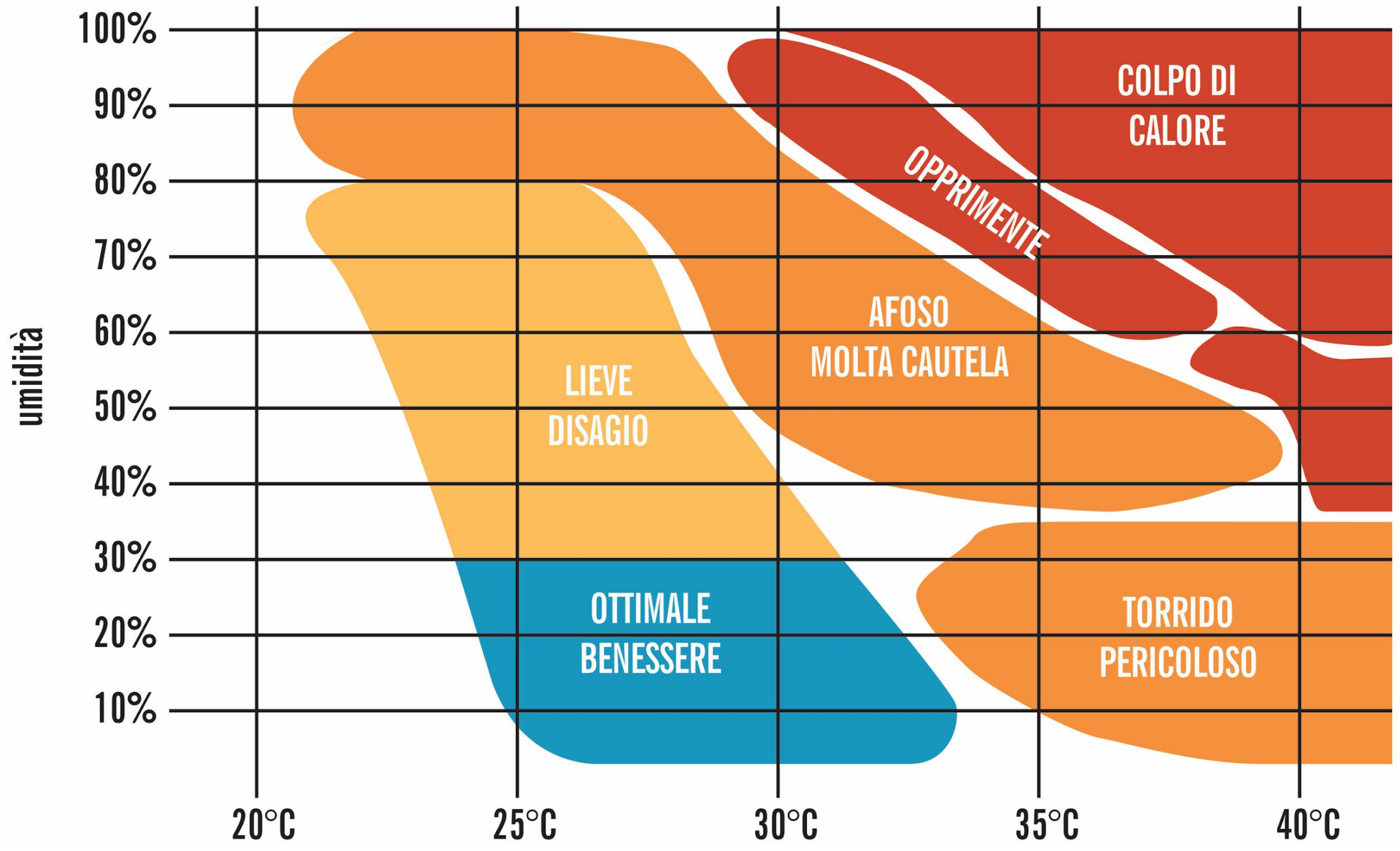
## Microscala





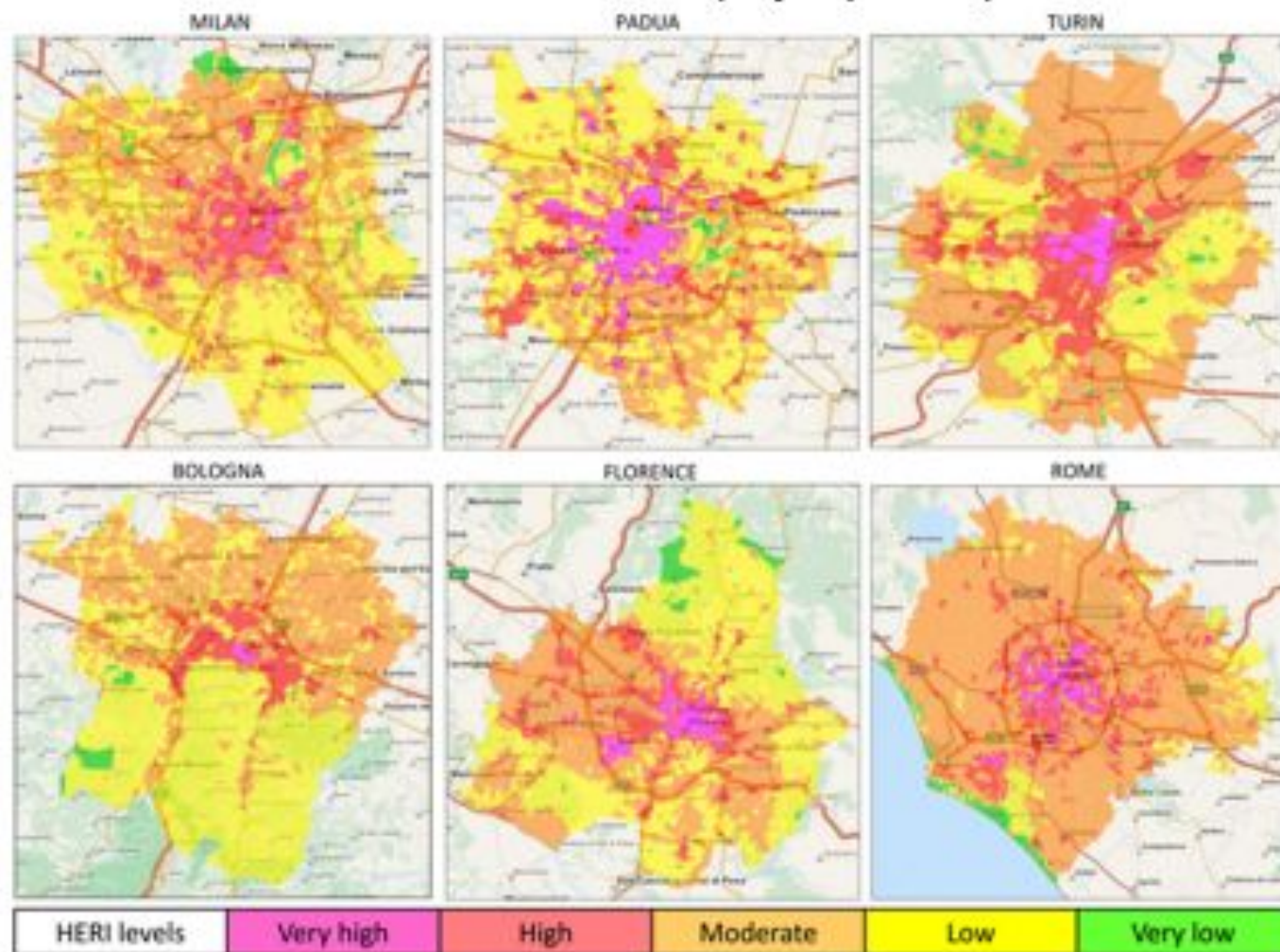


**4. La salute ha qualcosa a che fare?**





**Fig 2. Maps of daytime heat-related elderly risk levels in the main inland Italian cities during the 2001–2013 summers (May–September).**



Morabito M, Crisci A, Gioli B, Gualtieri G, Toscano P, et al. (2015) Urban-Hazard Risk Analysis: Mapping of Heat-Related Risks in the Elderly in Major Italian Cities. *PLoS ONE* 10(5): e0127277. doi:10.1371/journal.pone.0127277  
<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0127277>

Gli studi epidemiologici presentano due approcci principali:

1. **Effetti a breve termine:** osservabili a pochi giorni di distanza dai picchi di esposizione
2. **Effetti a lungo termine:** osservabili dopo esposizioni di lunga durata e a distanza di tempo (anni)

Gli effetti a **breve termine** vengono generalmente valutati osservando le fluttuazioni dello stato di salute della popolazione sia con comorbilità che senza, **durante i "picchi" di inquinamento**, come si verificano ad esempio annualmente durante la stagione calda: in questo frangente si assiste ad un aumento della mortalità per cause cardiache e respiratorie.

Gli effetti a **lungo termine** vengono invece studiati attraverso **studi di coorte**: osservando lo stato di salute di soggetti che vivono in contesti diversi, si valutano a livello individuale alcuni fattori di rischio che possono essere "confondenti" rispetto agli inquinanti atmosferici, come il fumo di tabacco e l'esposizione lavorativa; i soggetti arruolati vengono poi seguiti nel tempo e viene valutata la mortalità e la morbilità in relazione alla diversa esposizione ambientale.

Il particolato atmosferico è ritenuto ad oggi l'indicatore che più coerentemente si associa con gli esiti sulla salute, specialmente quando è misurato in termini di particelle inalabili (PM10) o respirabili (PM2,5); sempre più rilevanza assume il monitoraggio del particolato ultrafine (PM0,1).

L'indicatore maggiormente utilizzato negli ultimi anni è stato il **PM2,5**, corrispondente alle particelle di diametro aerodinamico medio pari a 2,5 micron o inferiori.

Nel complesso, a carico della mortalità naturale, le stime di rischio disponibili riportano, per ogni incremento di **10 µg/m<sup>3</sup> della concentrazione di PM2,5 a breve termine, un aumento della mortalità compreso tra 0,3-0,5%** (nel giro di pochi giorni successivi ad incrementi di breve durata) e a lungo termine un aumento del 6%-7% (nell'arco di 10-15 anni in presenza di incrementi di lunga durata). Per quanto riguarda le stime di impatto su scala nazionale, nel nostro Paese il 7% circa di tutte le morti per cause naturali è stato imputato all'inquinamento atmosferico. Tra le cause di morte in eccesso rientrano parte delle **patologie cardiovascolari, respiratorie e tumorali, in primis il tumore del polmone**. A rafforzare la cancerogenicità vi sono considerazioni in relazione alla presenza di molti cancerogeni nel particolato, con il polmone come organo bersaglio: gli IPA, ma anche i metalli pesanti, quali cromo, arsenico, nichel, e le fibre di amianto. Evidenze epidemiologiche robuste indicano quindi effetti dannosi per l'apparato respiratorio dovuti ad esposizione ad inquinanti atmosferici, anche per valori ambientali inferiori a quelli consentiti dagli standard internazionali.

# Bibliografia

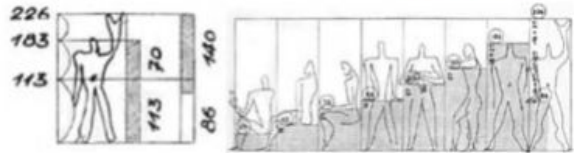
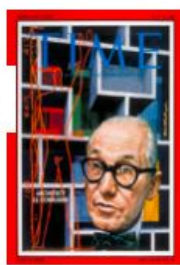
0. Cheval, S., C.M. Adamescu, T. Georgiadis, M. Herrnegger, A. Piticar, D.R. Legates (2020) Observed and Potential Impacts of the COVID-19 Pandemic on the Environment. International Journal of Environmental Research and Public Health - MDPI
1. Georgiadis T. (2020) Ripensare alla rigenerazione urbana ai tempi del COVID-19. Geologia dell'ambiente – SIGEA suppl. n.2/2020. pp. 25-27
2. Georgiadis T. (2020) Liberare il suolo. Linee guida per migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici negli interventi di rigenerazione urbana. Regione Emilia-Romagna (progetto SOS4Life). pp. 276
3. Georgiadis, T. (2019) Role of climate and city pattern In: Urban Fuel Poverty. Pp 41-62, Academic Press
4. Georgiadis, T. (2018) Cambiamenti climatici ed effetti sulle città, Dispense progetto REBUS Pp. 38. Editore: Regione Emilia-Romagna.
5. Georgiadis, T., M. Nardino, L. Cremonini, C. Carbone, G. Zanini, L. Ciancarella, A. Piersanti, M. Villani (2017) URBESS-nature based assessment tool for smart and sustainable urban planning International Symposium on Greener Cities for More Efficient Ecosystem Services in a Climate Changing World, 1215, Pp 77-80
6. Georgiadis, T., M. Nardino, L. Cremonini (2017) Tools for Urban Planners to Improve the Wellness during Urban Spaces Renovation Environment and Ecology Research 5(3): 173-1 77
7. Georgiadis, T. (2017) Urban Climate and Risk. Oxford Handbooks Online; Oxford University Press: Oxford, UK; pp. 1–29. DOI: 10.1093/oxfordhb/9780190699420.013.11

grazie per l'attenzione 😊

[teodoro.georgiadis@ibe.cnr.it](mailto:teodoro.georgiadis@ibe.cnr.it)

- **"Les matériaux de l'urbanisme sont le soleil, le ciel, les arbres, l'acier, le ciment dans cet ordre et dans cette hiérarchie."**

- Le Corbusier



Le Modulor

Une nouvelle mesure humaine

