

Incontri di  
formazione



Resilienza urbana e  
territoriale

7 maggio 2014 | TEMI E PRATICHE DI RESILIENZA URBANA E TERRITORIALE:  
CAMBIAMENTI CLIMATICI E SERVIZI ECOSISTEMICI

## INTERVENTI DI MITIGAZIONE DELLE ONDATE DI CALORE IN CONTESTI URBANI

*Marcello Magoni - Chiara Cortinovis*

## ondate di calore: il fenomeno

### «Scipione» infuoca l'Italia con ondate di calore che raggiungeranno i 40 gradi

*Italia paese più caldo d'Europa. Lunedì e martedì le temperature toccheranno i 35 gradi. Il picco è previsto tra mercoledì e giovedì*

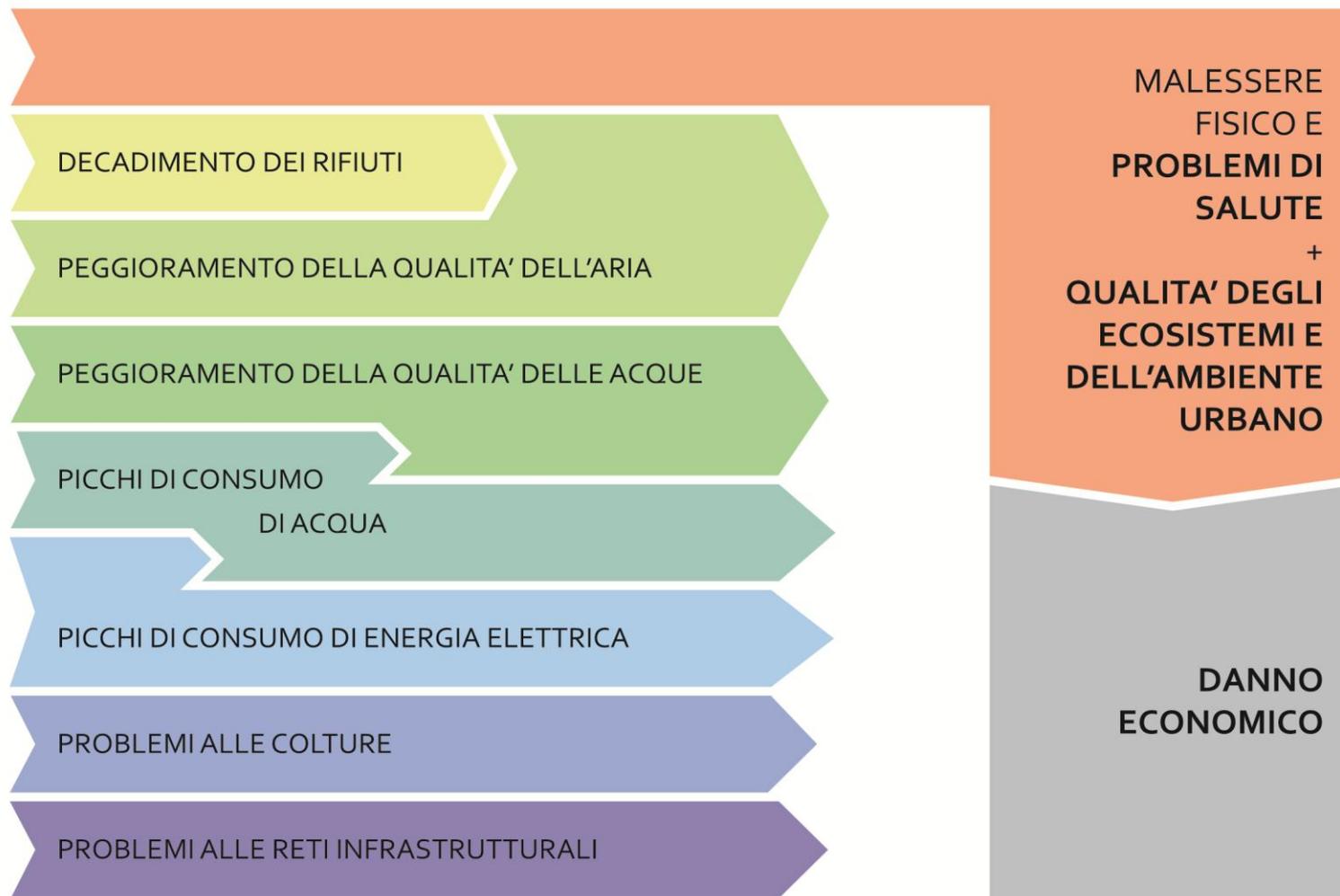
### Caldo: arriva Caronte, venerdì allarme rosso in quattro città

*Nel week-end attesi 40 gradi dall'Emilia alla Sicilia, poi l'afa cala*

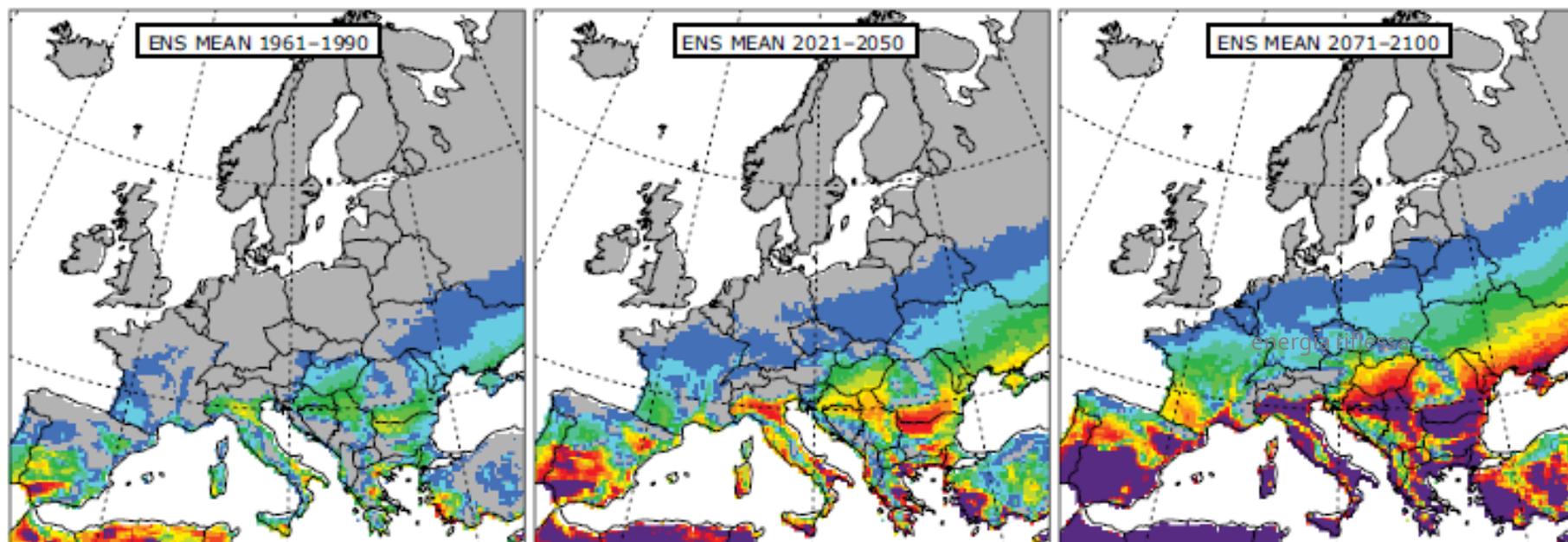
### E adesso arriva Minosse Altra ondata di caldo

*Un nuovo anticiclone porta aria torrida su tutta l'Italia. Al Nord previste temperature attorno ai 33-35 gradi*

## ondate di calore: le conseguenze

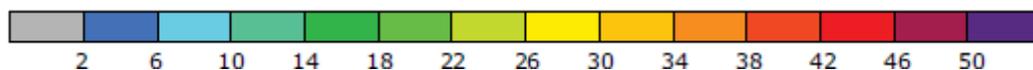


## ondate di calore: il trend

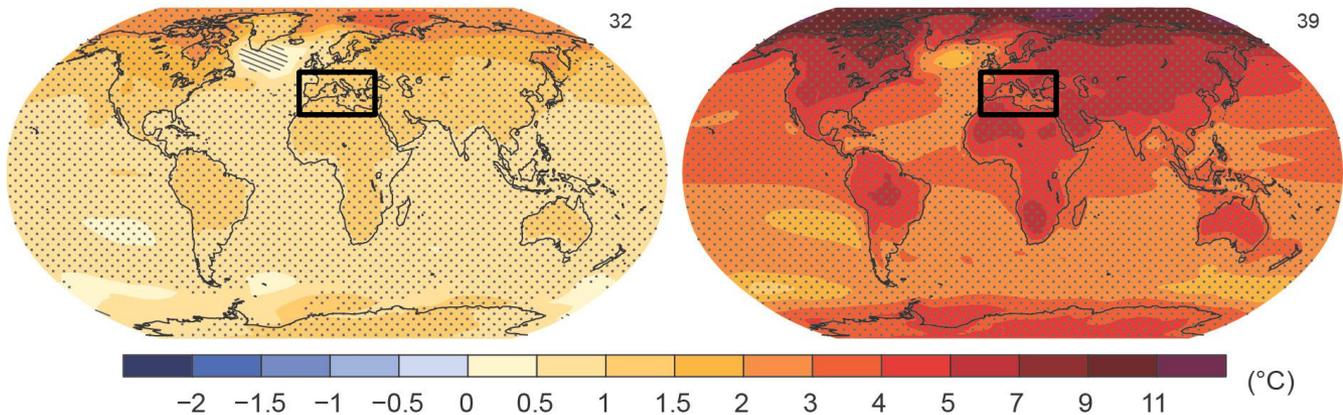


numero di notti tropicali (temperatura minima superiore a 20°C) combinate a giorni caldi (temperatura massima superiore ai 35°C)

[fonte: EEA report 2/2012 - Urban adaptation to climate change in Europe]

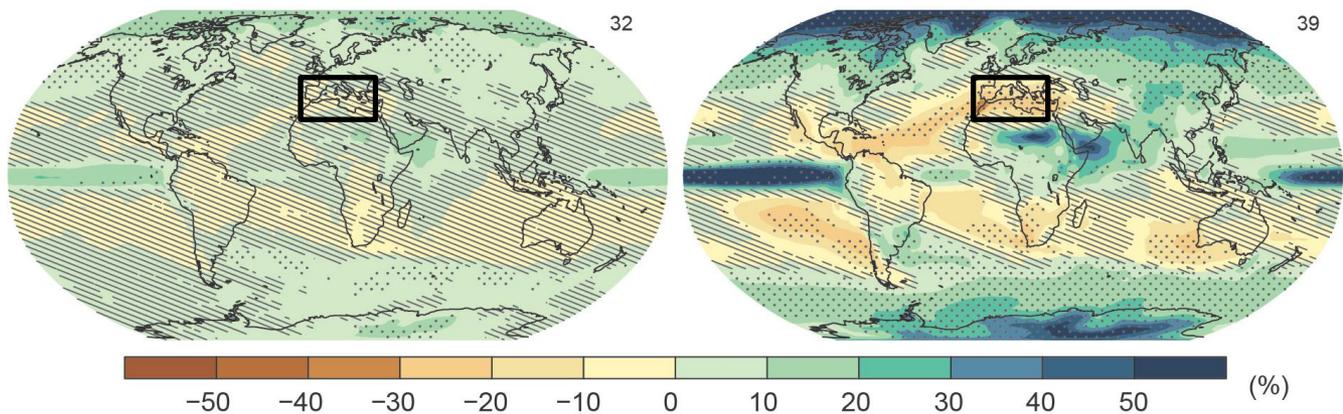


# cambiamenti climatici: le proiezioni a fine secolo



aumento delle temperature

variazione della temperatura superficiale nei due scenari di riferimento RCP 2.6 (azioni significative di riduzione delle emissioni nel breve periodo) e RCP 8.5 (emissioni elevate) [fonte: IPCC]

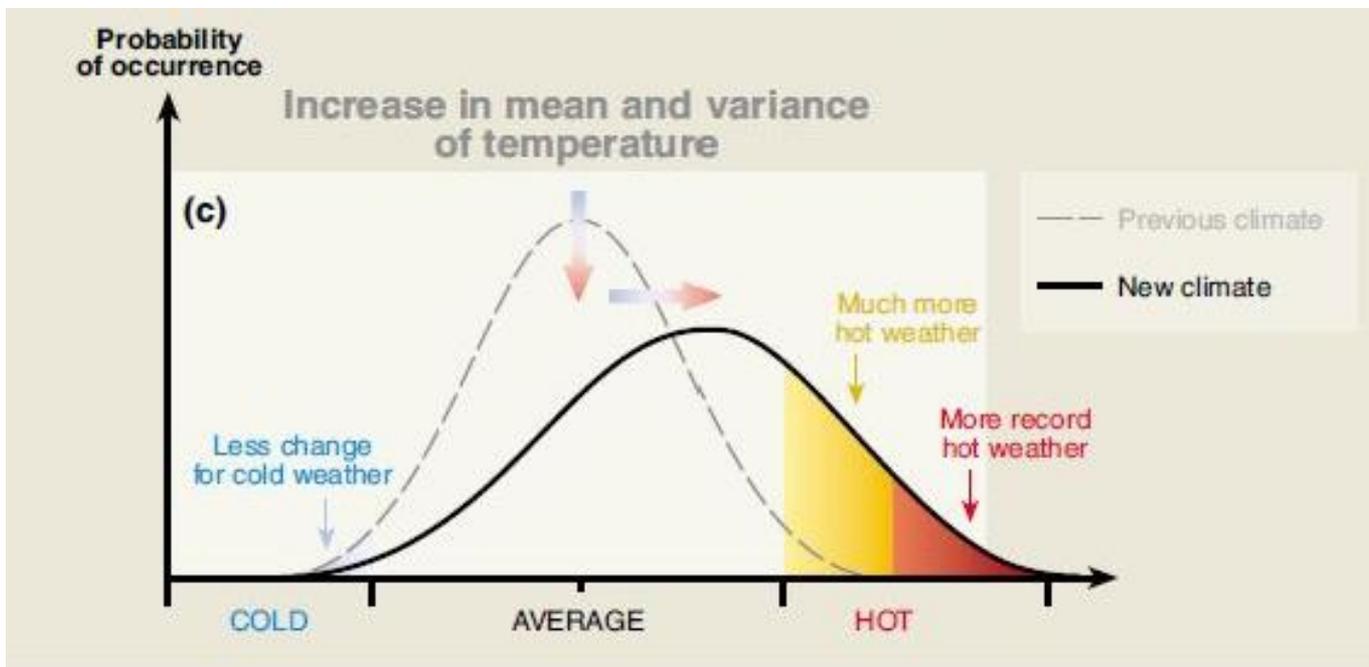
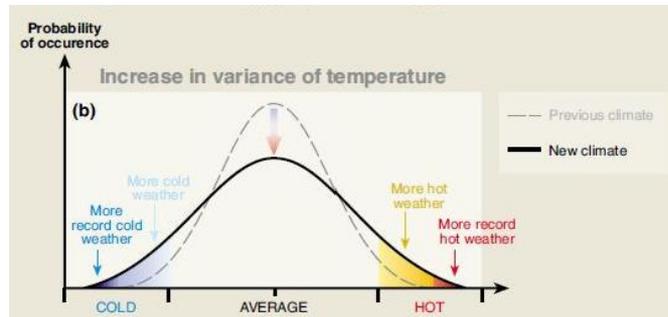
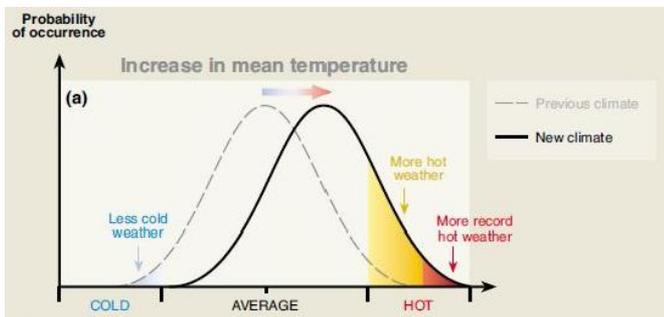


diminuzione delle precipitazioni concentrata nel periodo estivo

variazione delle precipitazioni nei due scenari di riferimento RCP 2.6 (azioni significative di riduzione delle emissioni nel breve periodo) e RCP 8.5 (emissioni elevate) [fonte: IPCC]

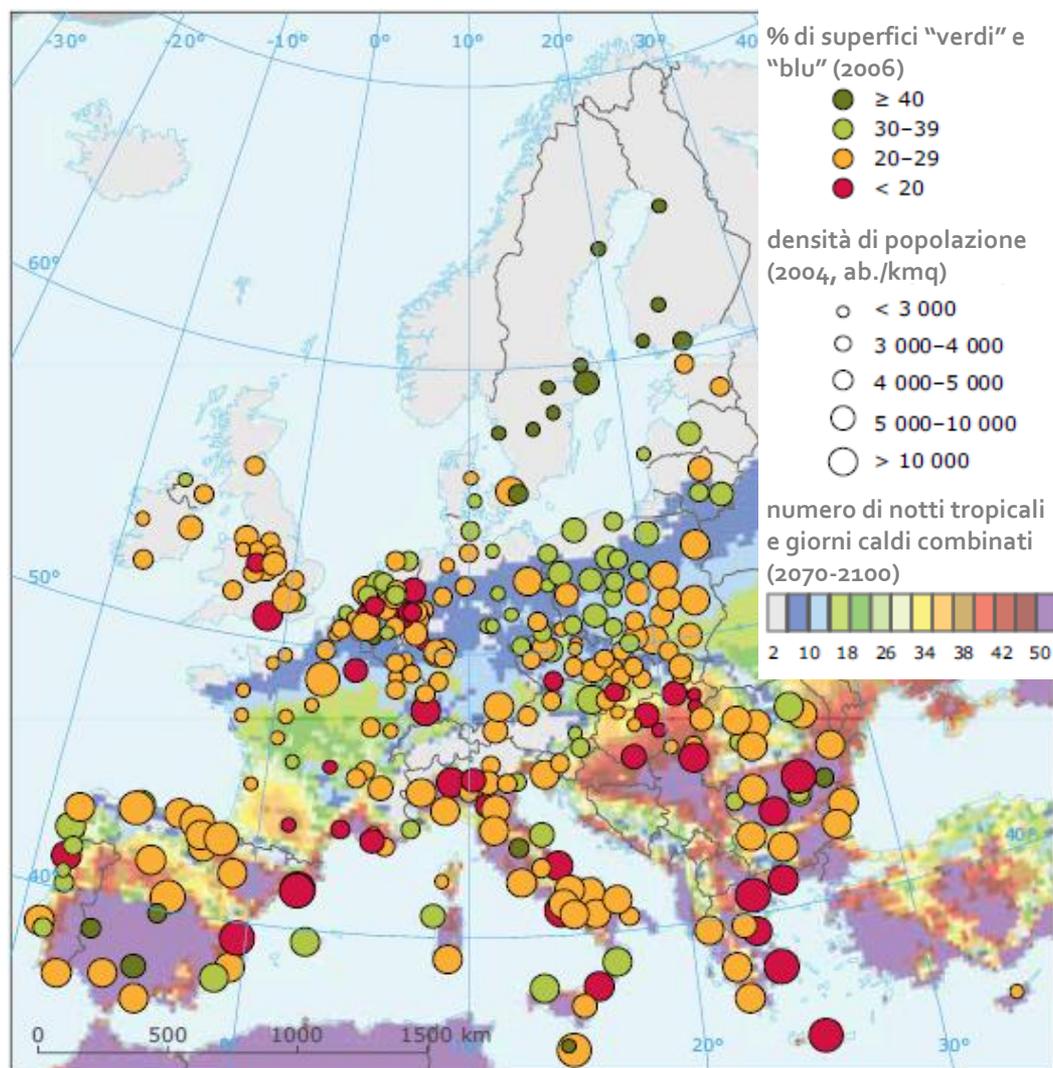


# cambiamenti climatici: variazioni medie e fenomeni estremi



l'aumento combinato delle temperature medie e della variabilità climatica rende più probabili (quindi più frequenti) gli eventi climatici estremi

## vulnerabilità delle nostre regioni alle ondate di calore



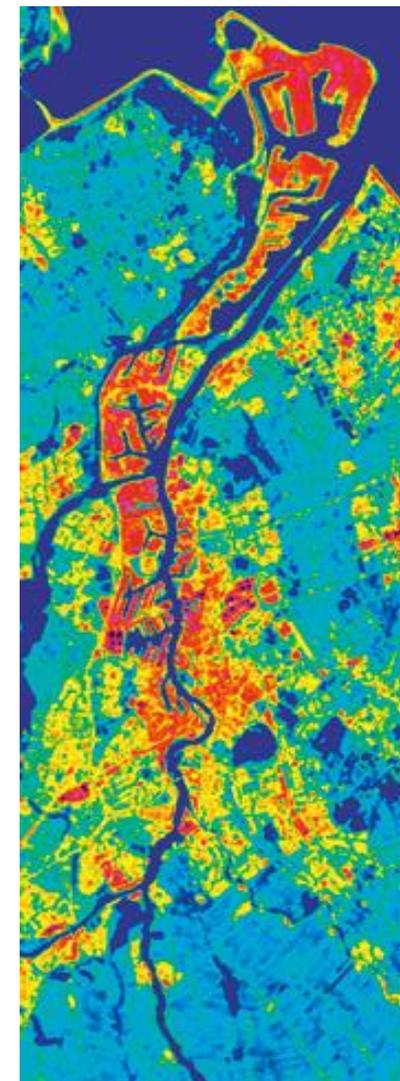
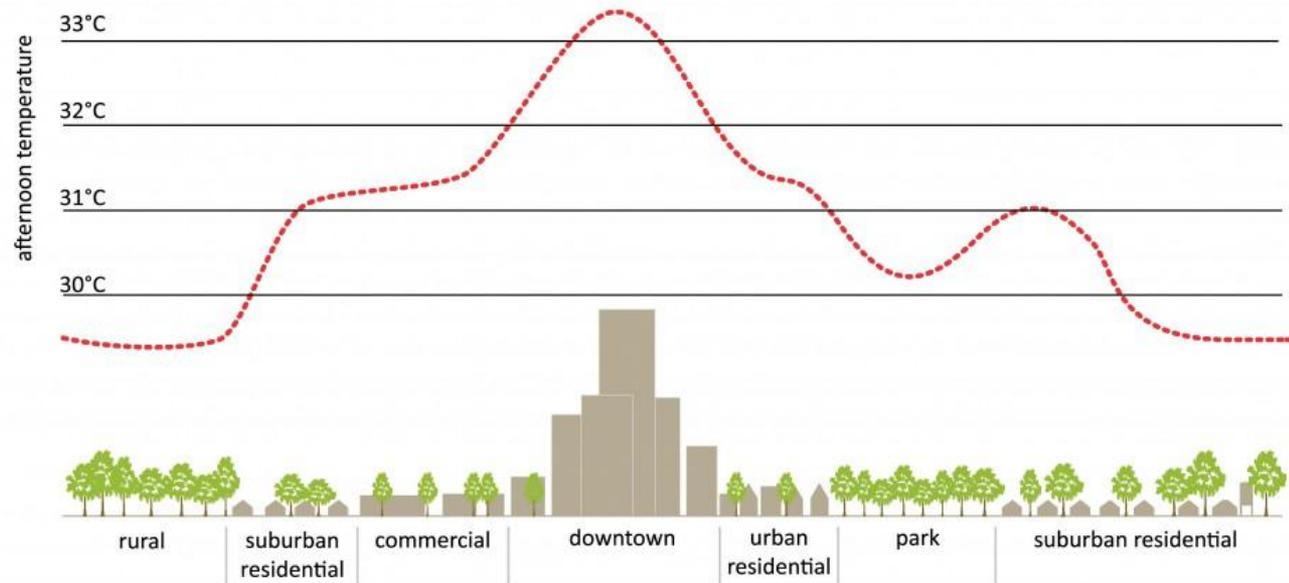
- impatti rilevanti dei cambiamenti climatici

- urbanizzazione, densità elevata e consumo di suolo > combinazione con l'isola di calore urbana

- anomalia del fenomeno per le nostre latitudini > **impreparazione** ad affrontare il caldo (singoli individui ma anche strutture delle città)

fattori di vulnerabilità alle ondate di calore  
[fonte: EEA report 2/2012 - Urban adaptation to climate change in Europe]

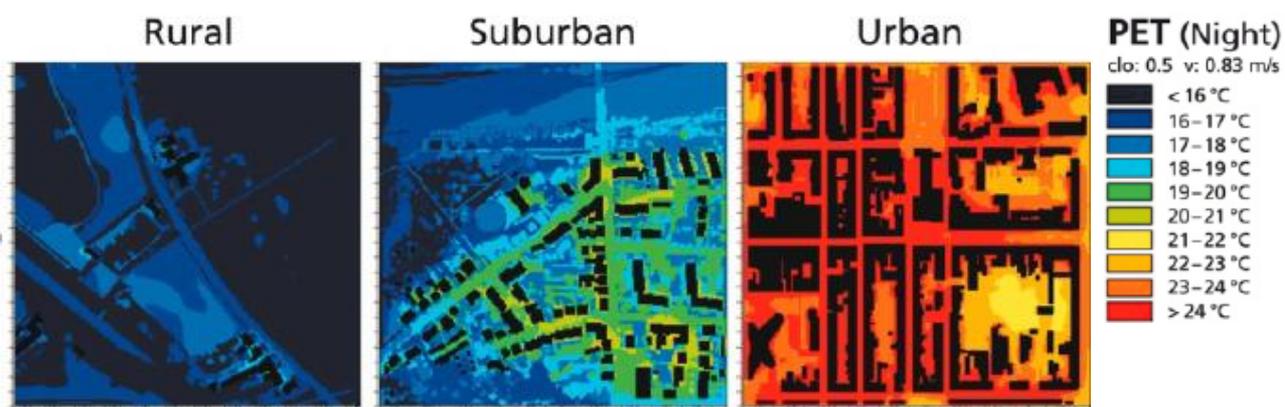
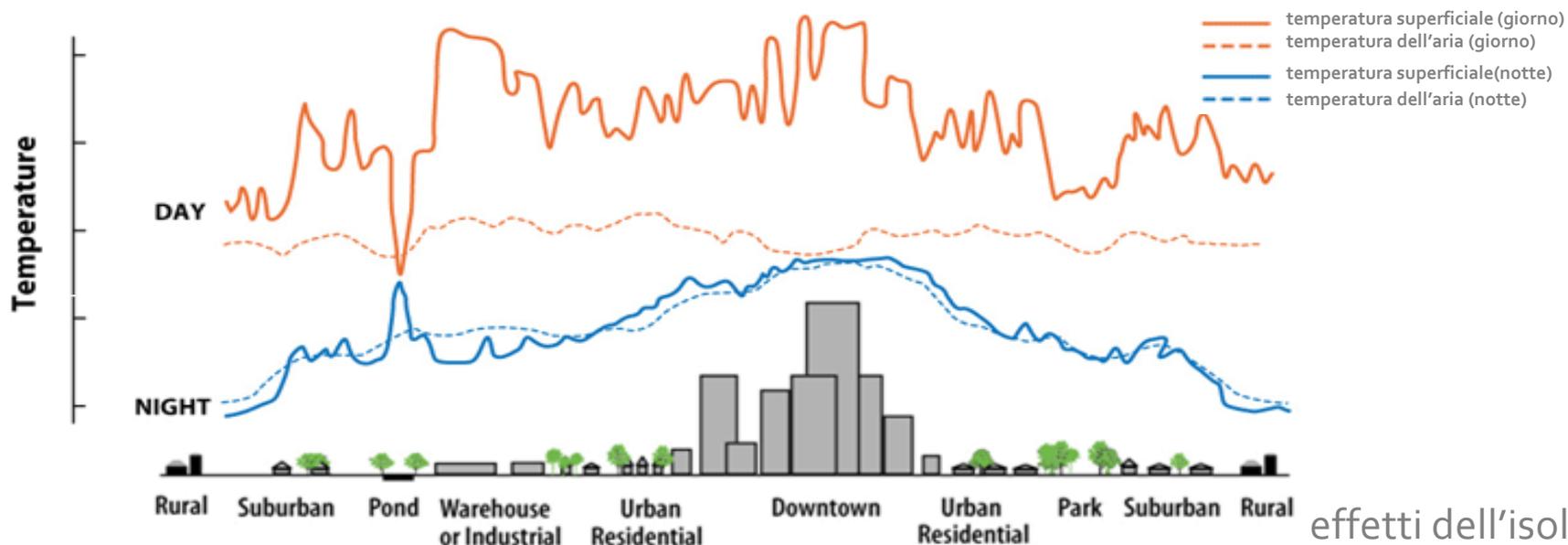
## isola di calore urbana: il fenomeno



la temperatura all'interno delle città supera di alcuni gradi quella misurata nelle aree rurali circostanti, con effetti generalmente positivi in inverno ma negativi in estate, soprattutto se combinati alle ondate di calore

in alto: andamento tipico delle temperature dovuto alla presenza dell'isola di calore urbana  
a lato: immagine della città di Rotterdam ripresa da una termocamera

# isola di calore urbana: il fenomeno



effetti dell'isola di calore sulla temperatura notturna estiva

(temperatura superficiale, temperatura dell'aria e temperatura percepita fisiologica equivalente misurate in una notte estiva a Oberhausen, DE)



## isola di calore urbana: le cause

3 tipologie di fattori che contribuiscono a generare l'isola di calore urbana:

- **fattori fisico/materici,**

dipendenti dai **materiali** con cui è costruita la città;

- **fattori morfologici,**

dipendenti dalla **forma** della città;

- **fattori antropogenici,**

dipendenti dalle funzioni e dalle **attività** svolte all'interno della città.

## fattori fisico/materici

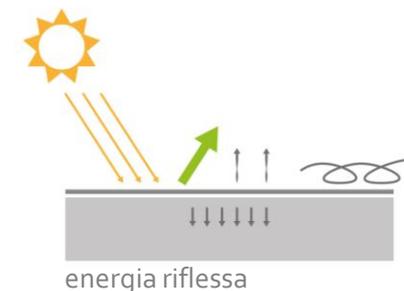
### proprietà fisiche superficiali

| materiale             | albedo | emissività |
|-----------------------|--------|------------|
| alluminio lucido      | 0,9    | 0,1        |
| acciaio zincato       | 0,35   | 0,3        |
| asfalto               | 0,1    | 0,95       |
| calcare chiaro luc.   | 0,65   | 0,4        |
| cemento               | 0,2    | 0,9        |
| granito grigio lucido | 0,2    | 0,4        |
| legno (naturale)      | 0,4    | 0,9        |
| legno scuro           | 0,15   | 0,95       |
| mattonc rosso         | 0,3    | 0,9        |
| rame ossidato         | 0,4    | 0,4        |
| marmo bianco          | 0,6    | 0,9        |
| vernice bianca        | 0,8    | 0,9        |
| vernice ocra          | 0,5    | 0,9        |
| intonaco chiaro       | 0,7    | 0,9        |

#### > albedo

quantità di energia riflessa rispetto alla radiazione incidente

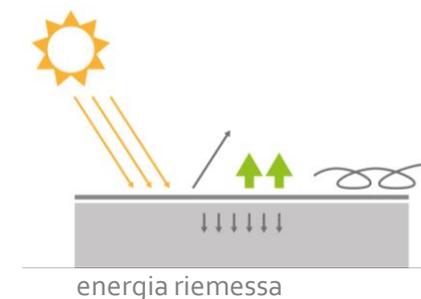
maggiore è l'albedo minore la quantità di energia immagazzinata dal corpo, quindi minore la sua temperatura superficiale



#### > emissività

capacità di emettere energia per radiazione (relativa a un corpo nero)

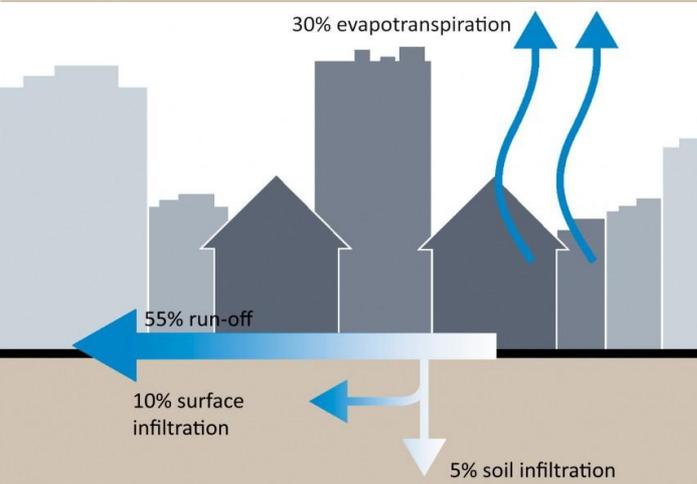
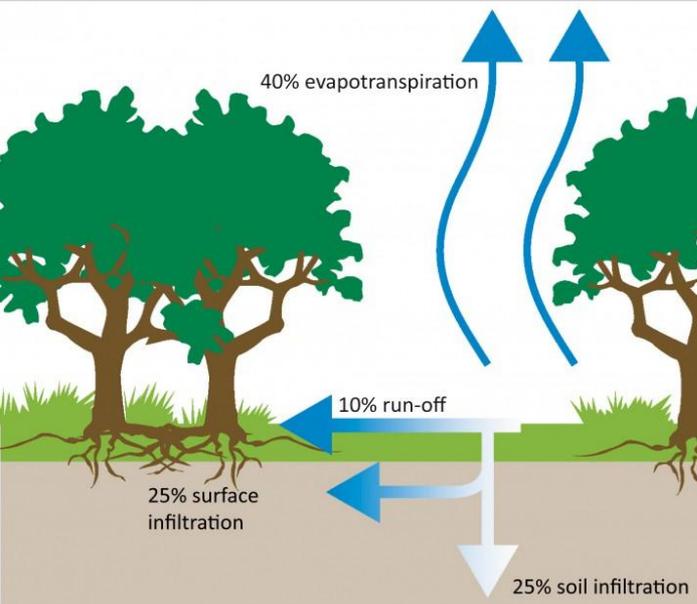
maggiore è l'emissività maggiore la quantità di energia che il corpo è in grado di rilasciare sotto forma di calore



### e proprietà fisiche di massa

- > calore specifico
- > conducibilità termica
- >...

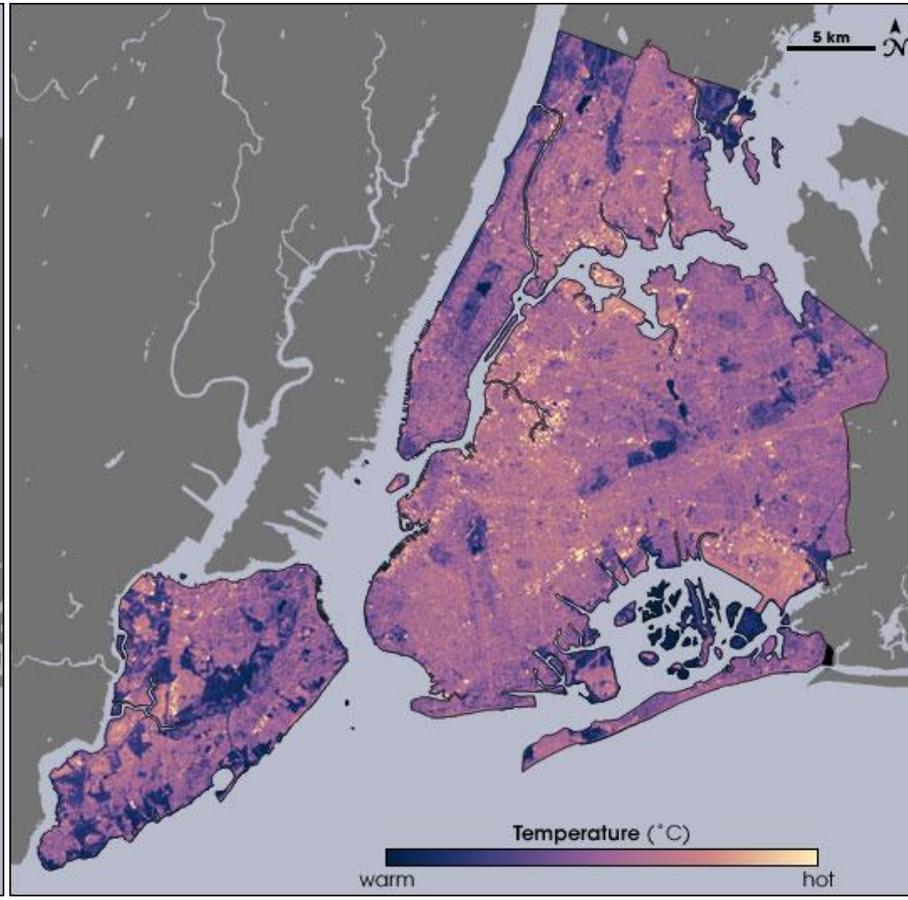
## fattori fisico/materici



### presenza di aree verdi e superfici vegetate (azioni ed effetti)

- **evapotraspirazione** = effetto combinato di evaporazione di acqua dal suolo + traspirazione delle piante (fotosintesi)
- **stoccaggio di acqua nel terreno** = prolungamento dell'effetto di raffreddamento dovuto all'evaporazione
- **ombreggiamento** e protezione delle superfici dall'irraggiamento diretto
- gestione dell'acqua piovana
- qualità dello spazio urbano

## fattori fisico/materici



rapporto tra la temperatura superficiale e la copertura vegetale nella città di New York (rielaborazione di rilevazioni satellitari NASA)



## fattori morfologici

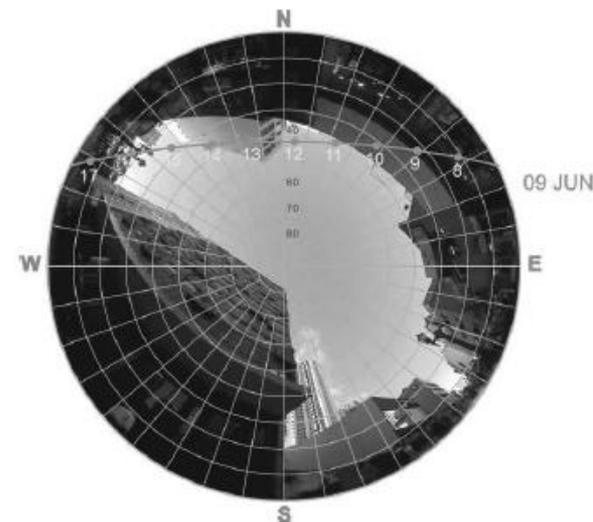
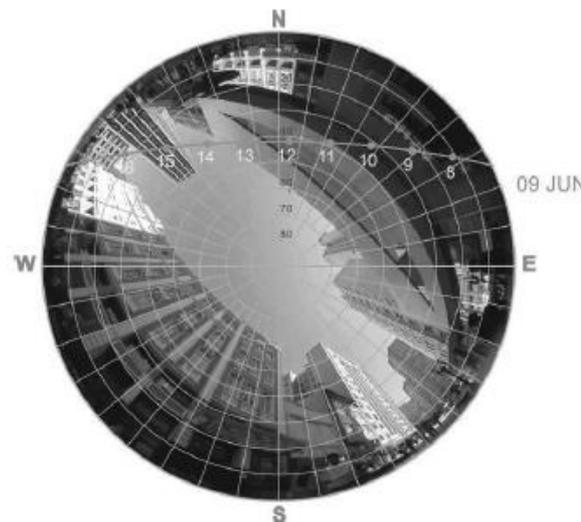


### densità

maggiore densità significa maggiore quantità di superficie esposta al calore, quindi massimizzazione dello scambio radiativo tra le superfici urbane e riduzione dello scambio con la volta celeste

(ma anche meno aree verdi, più superfici impermeabili, densità di attività quindi di produzione di calore)

## fattori morfologici



### fattore di vista del cielo

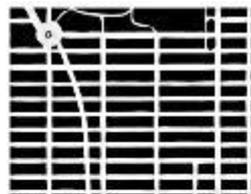
determina la quantità di calore che è scambiato con la volta celeste durante la notte, quindi misura la capacità delle superfici di raffreddarsi per scambio radiativo

nelle città è ridotto a causa della continuità dei fronti, della vicinanza e dell'altezza degli edifici

## fattori morfologici



LONDON



NEW YORK



PARIS



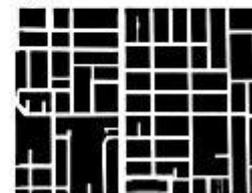
COPENHAGEN



ROME



SAN FRANCISCO



TORONTO



BARCELONA

## morfologia e intrusione del vento

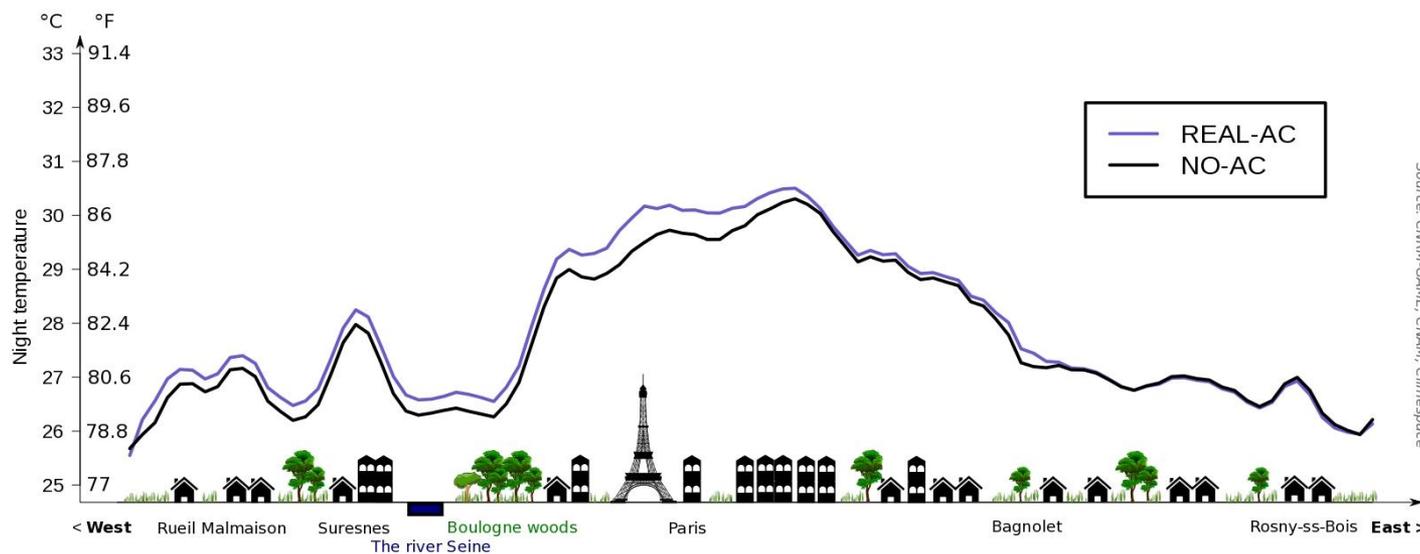
allineamenti e densità dei tessuti urbani in genere non favoriscono l'intrusione dei venti che contribuiscono a raffreddare asportando il calore

## fattori antropogenici

tra i **fattori antropogenici** più significativi:

- mezzi di trasporto
- attività industriali e produttive
- impianti di raffrescamento domestico

= consumi energetici (quantità e modi)



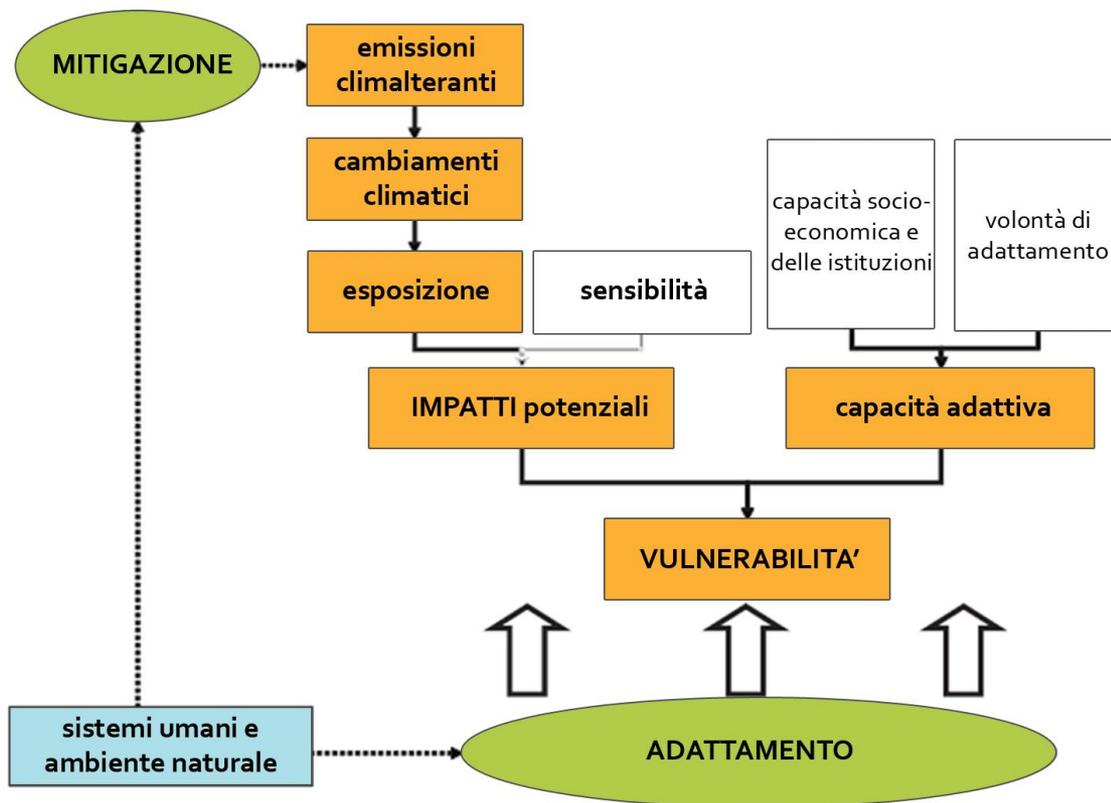
Source: CNRM-GAME, CNRM, Climatespace

temperatura notturna nella città di Parigi: confronto tra la temperatura rilevata e quella calcolata simulando l'assenza di condizionatori

## perché mitigare l'isola di calore è un'opportunità

ridurre/mitigare l'isola di calore permette di:

- diminuire le conseguenze delle ondate di calore estive agendo secondo strategie di **adattamento**
- lavorare sugli insediamenti a diverse scale, aumentando la **disponibilità di servizi ecosistemici** e la **qualità urbana**
- attuare strategie e azioni che portano spesso **benefici trasversali** rispetto a diversi fattori di vulnerabilità



## strategie di mitigazione delle isole di calore

dare priorità a **strategie integrate** che portano più benefici

riduzione di:

- domanda di energia e acqua
- consumo di energia fossile
- inquinamento di aria e acqua
- emissione di gas serra

### tipi di strategie:

- riduzione emissioni di calore e aumento raffrescamento naturale nei periodi estivi in città ed edifici
- diffusione della vegetazione
- modificazione di albedo ed emissività degli elementi urbani ed edilizi
- gestione acque meteoriche integrata per ridurre fenomeni alluvionali e temperatura dell'aria

### scale di intervento:

- scala urbana
- scala di quartiere
- scala di edificio (elementi urbani)

## riduzione emissioni di calore a scala urbana

- \_ produrre calore e freddo in modo **efficiente**,  
**esterno ai centri abitati** (teleriscaldamento e teleraffrescamento)  
o utilizzando **fonti energetiche rinnovabili**
  
- \_ ridurre numero di **veicoli** e livelli di emissione di calore da autoveicoli
  - organizzare un buon servizio di trasporto pubblico, prevalentemente elettrico
  - favorire la diffusione di automobili ibride e soprattutto elettriche
  - realizzare percorsi ciclo-pedonali piacevoli e sicuri e strade pedonalizzate
  - introdurre pedaggi in aree centrali riducendo progressivamente i parcheggi
  - costruire parcheggi vicino ai capilinea periferici del trasporto pubblico
  - prevedere limitazioni al traffico nei giorni più caldi

## riduzione produzione di calore in quartieri ed edifici

- \_ adottare criteri di **architettura e urbanistica bioclimatica** per il raffrescamento
- \_ migliorare uso e prestazioni degli **elettrodomestici**
  - elettrodomestici e computer convertono gran parte dell'energia consumata in calore
  - pareti e materiali diffondono nell'ambiente il calore accumulato
  - usare dispositivi a basso consumo energetico e spegnerli e scollegarli quando non utilizzati
  - in giornate calde, minimizzare l'uso di elettrodomestici
- \_ favorire la **luce naturale** e migliorare l'uso dell'illuminazione artificiale
  - incrementare la luce naturale nei nuovi edifici per ridurre l'uso di illuminazione artificiale
  - dotare le finestre di dispositivi di ombreggiamento esterni per proteggere i locali da radiazione solare
  - usare lampadine fluorescenti e soprattutto a LED
  - regolare in automatico l'uso dell'illuminazione artificiale (domotica)

## raffrescare con criteri bioclimatici

- adozione di criteri bioclimatici per mitigare il microclima urbano dal calore estivo
- la vegetazione contrasta l'isola di calore, fa risparmiare energia, mitiga gli inquinamenti atmosferico e sonoro, assorbe le emissioni di gas serra e aumenta gli habitat per gli animali



### alcuni dati:

- in un giorno di sole, l'evapotraspirazione di un albero raffredda per una potenza di 20-30 kW
- un'area verde urbana di 1.500 mq raffredda in media di 1,5°C e a mezzogiorno di 3°C e diffonde i suoi effetti a 100 metri

> le specie vegetali devono avere una elevata densità del fogliame per filtrare la radiazione solare

## rinverdimento urbano e di quartiere

la vegetazione può essere estesa o aumentata in densità in molti spazi quali:

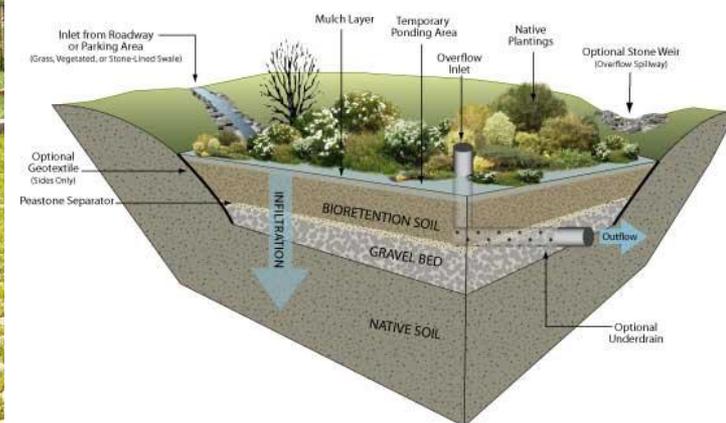
- aree non edificate: parchi, giardini, aree gioco, cortili scolastici, ...
- lungo i bordi e tra le corsie di strade e ferrovie
- lungo i perimetri di edifici e aree commerciali, industriali e residenziali



## costruire parcheggi verdi

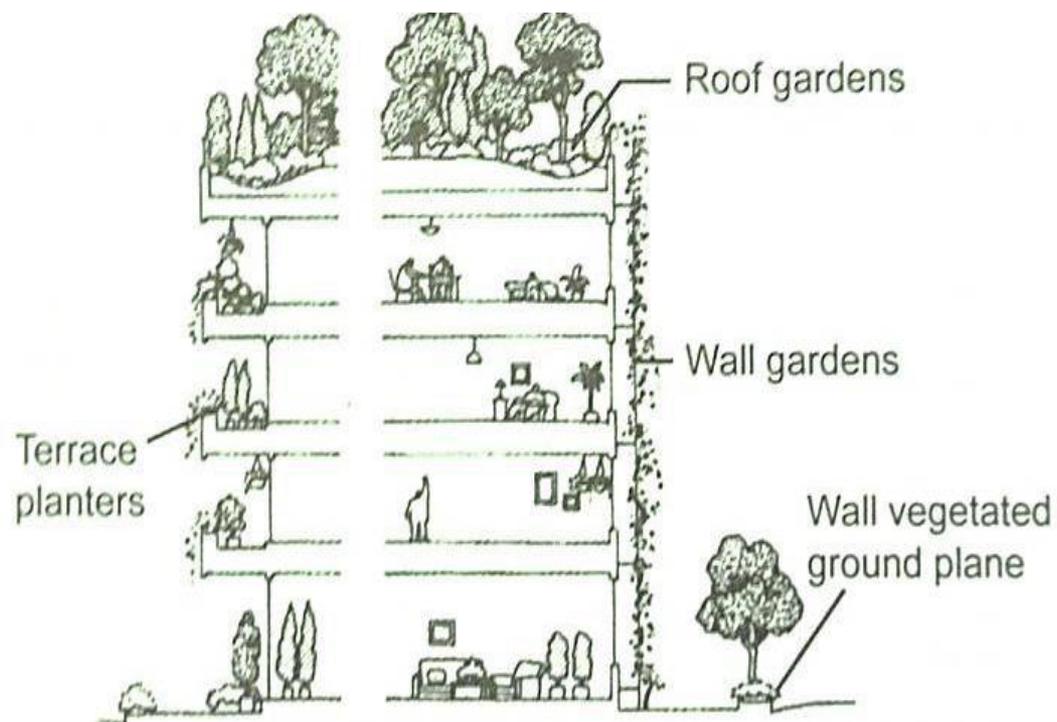
uso di **criteri integrati** per ridurre l'impermeabilizzazione e aumentare l'ombreggiatura e l'emissività:

- utilizzare pavimentazioni erbacee con filari lungo il perimetro e all'interno
- adeguare scelta delle specie di alberi allo spazio disponibile, preferendo specie autoctone resistenti alle variazioni climatiche e all'inquinamento urbano
- favorire la percolazione naturale utilizzando anche aree di bio-ritenzione



## rinverdire gli edifici

collocare la vegetazione in modo da **bloccare i raggi del sole**, **minimizzare il trasferimento di calore** all'interno degli edifici e quindi ridurre la necessità di aria condizionata



tre tipi di intervento:

- intorno agli edifici
- sulle pareti
- sul tetto

## vegetazione intorno agli edifici



consistenza e composizione del terreno circostante l'edificio influenzano le temperature interna ed esterna dell'edificio



piantare alberi intorno a singoli edifici per formare zone d'ombra riduce il consumo energetico di un edificio fino al 25% all'anno

## pareti e tetti verdi



- aumentano la "massa termica" dell'edificio, riducendo la quantità di calore trasferita da (inverno) e verso (estate) l'edificio e riducendo le escursioni termiche
- superficie involucro più fredda di quella dell'aria (su tetti normali la temperatura può superare quella dell'aria di 50°C)
- estendono vita edificio (protezione da intemperie, radiazioni UV e fluttuazioni temperatura), catturano le particelle in sospensione, integrano inserimento edifici nel paesaggio
- possono essere realizzati su edifici industriali, scolastici, terziari, commerciali, residenziali

### > tetti verdi

- trattengono le acque meteoriche evitando i picchi di scorrimento dell'acqua
- sono delle opportunità per l'agricoltura urbana

## ridurre le emissioni di calore da superfici urbane

- le pavimentazioni possono costituire fino al 45% delle superfici di una città
- sono spesso coperte con asfalto e altri materiali scuri che assorbono più radiazione solare. Nelle giornate calde, queste superfici possono raggiungere temperature di 80°C



### \_ interventi per **umentare l'albedo** delle pavimentazioni

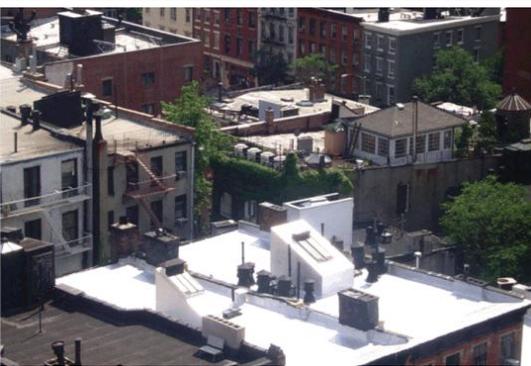
- uso di asfalto o cemento colorato
- stendere uno strato di bitume con albedo elevato o di calcestruzzo
- lo spessore della pavimentazione determina la capacità di immagazzinare calore



### \_ **ridurre le superfici** o **ombreggiare** le pavimentazioni

- ridurre necessità di pavimentazioni, soprattutto su aree verdi
- ridurre requisiti di spazio per parcheggi e incentivare parcheggi multi-livello
- installare pensiline che incorporano pannelli solari

## tetti freddi e tetti verdi



### \_ tetti freddi

- sono realizzati con materiali altamente riflettenti ed emissivi e durante i picchi estivi possono rimanere di circa 30°C più freddi rispetto ai tetti realizzati con materiali tradizionali (in giornate estive soleggiate, le coperture tradizionali possono raggiungere temperature di 90°C mentre i tetti freddi non superano temperature di 50°C)
- hanno un rapporto costo-efficacia più vantaggioso rispetto ai tetti verdi e un incremento di costo contenuto rispetto ai tetti convenzionali
- sono preferiti da chi è interessato soprattutto al risparmio energetico estivo

### \_ tetti verdi

- hanno costi iniziali più elevati dei tetti freddi
- danno maggiori benefici dal punto di vista estetico, ambientale e alimentare

## tetti con pannelli solari

- \_ i pannelli riducono l'assorbimento di calore e tengono gli edifici più freschi
- \_ i pannelli producono energia senza contribuire al cambiamento climatico
- \_ **tetti verdi e freddi migliorano l'efficienza dei pannelli solari**
  - aumentano l'efficienza del fotovoltaico riducendo la fluttuazione delle temperature e mantenendo un microclima più favorevole attorno ai pannelli (i cristalli di silicio perdono in efficienza lo 0,5%/°C a temperature superiore ai 25° C)
  - i tetti freddi aumentano del 20% la produzione di energia solare di un pannello grazie al miglioramento della raccolta di luce riflessa e diffusa



## attivare servizi di raffrescamento per fasi di emergenza

### \_ organizzare centri per il raffrescamento

- dare sollievo agli abitanti delle città
- assistere le persone incapaci di arrivare a queste strutture autonomamente
- prevedere aree di rilassamento per i lavoratori all'aperto

### \_ predisporre elementi d'acqua

- fontane, piscine e laghetti aiutano a moderare le fluttuazioni di temperatura, formando microclimi
- prevedere impianti acquatici in aree verdi, in aree pubbliche e in centri ricreativi



## gestione sostenibile delle acque meteoriche

- favorire l'umidificazione del suolo e garantire la disponibilità di acqua per le piante
- promuovere impianti di piccole dimensioni che aiutano a gestire le acque piovane alla fonte per evitare fenomeni di inquinamento dovuti ai deflussi

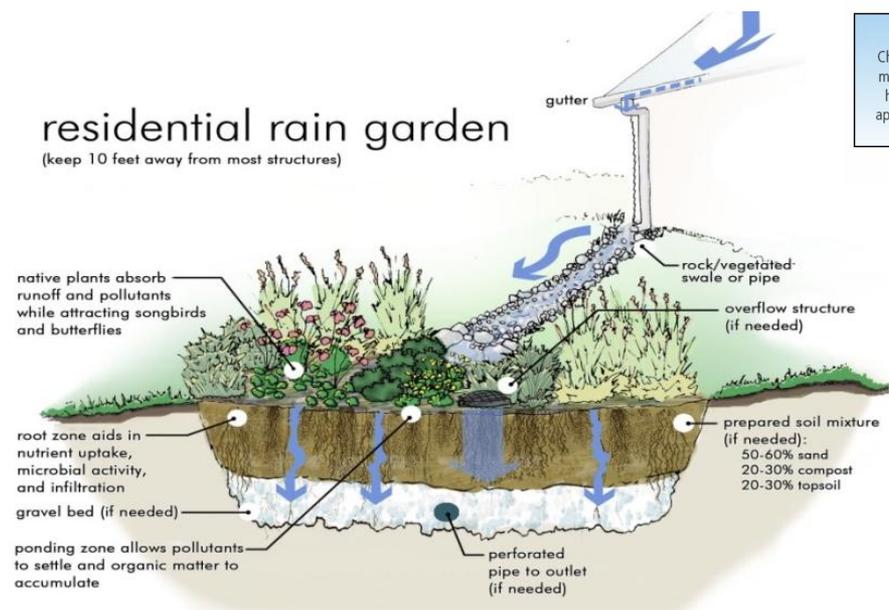
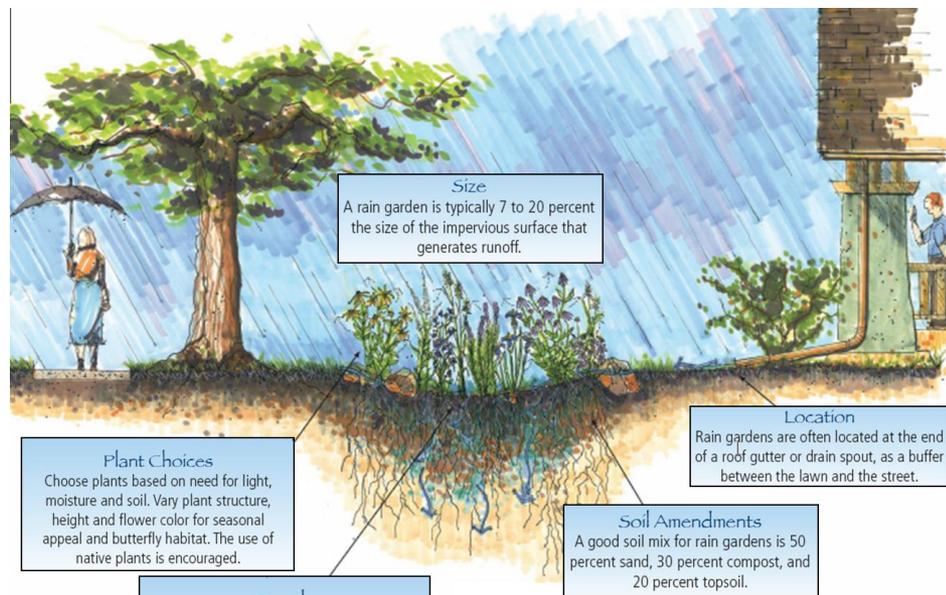


### \_ laghi artificiali

- bacini che immagazzinano acque di deflusso migliorano la qualità della vita perché hanno un valore estetico e ricreativo, mitigano il clima urbano, sono utili per gli sport acquatici e la pesca, e sono punto di riferimento per altre attività ricreative che si svolgono intorno
- le acque meteoriche provenienti da superfici urbane possono ridurre la loro qualità ecologica

# gestione sostenibile delle acque meteoriche – giardini della pioggia

- letto di pietra o piantumazione progettati per ricevere acque piovane da far assorbire dal terreno
- impedire il ruscellamento nel sistema di drenaggio delle acque piovane dalle superfici impermeabili degli edifici



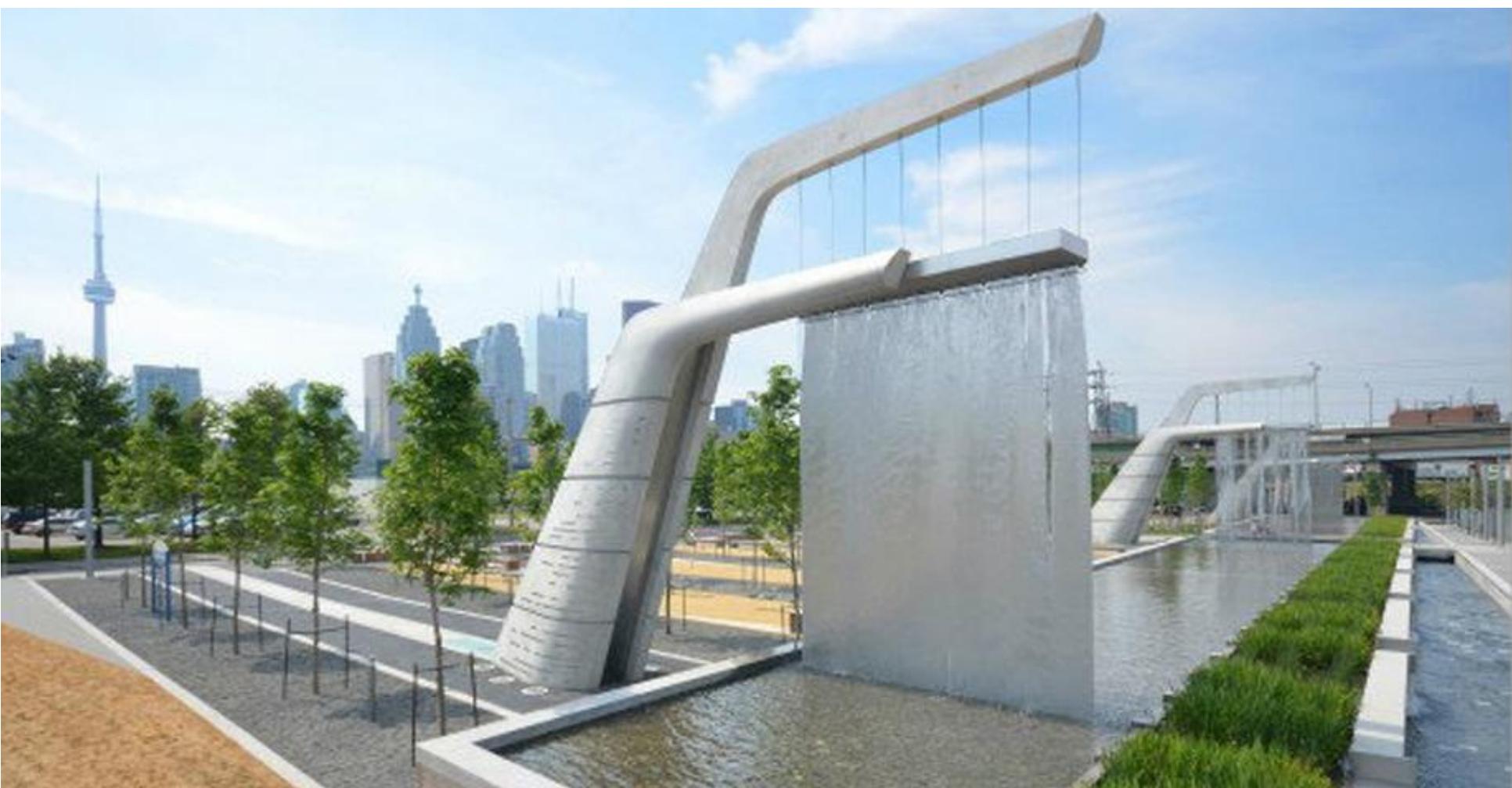
## alcuni casi interessanti



1. Recupero del villaggio olimpico di Pechino
2. Tiamjin Eco-city (Cina)



# alcuni casi interessanti



3. Sherbourne Common - Toronto



**Marcello Magoni**

marcello.magoni@polimi.it

**Chiara Cortinovis**

chiara.cortinovis@mail.polimi.it

**DASU, Dipartimento di Architettura e Studi Urbani**

**POLITECNICO DI MILANO**



**REsilienceLAB**

[www.resiliencelab.eu](http://www.resiliencelab.eu)

resiliencelab@gmail.com

