Meteorologia e Climatologia: principi generali e peculiarità delle aree urbane

21 SETTEMBRE 2020

Climatologia Urbana per gli Ingegneri

FONDAZIONE Osservatorio Meteorologico Milano Duomo

Relatore: Giuseppe Frustaci – Fondazione OMD

Meteorologia e Climatologia: principi generali e peculiarità delle aree urbane

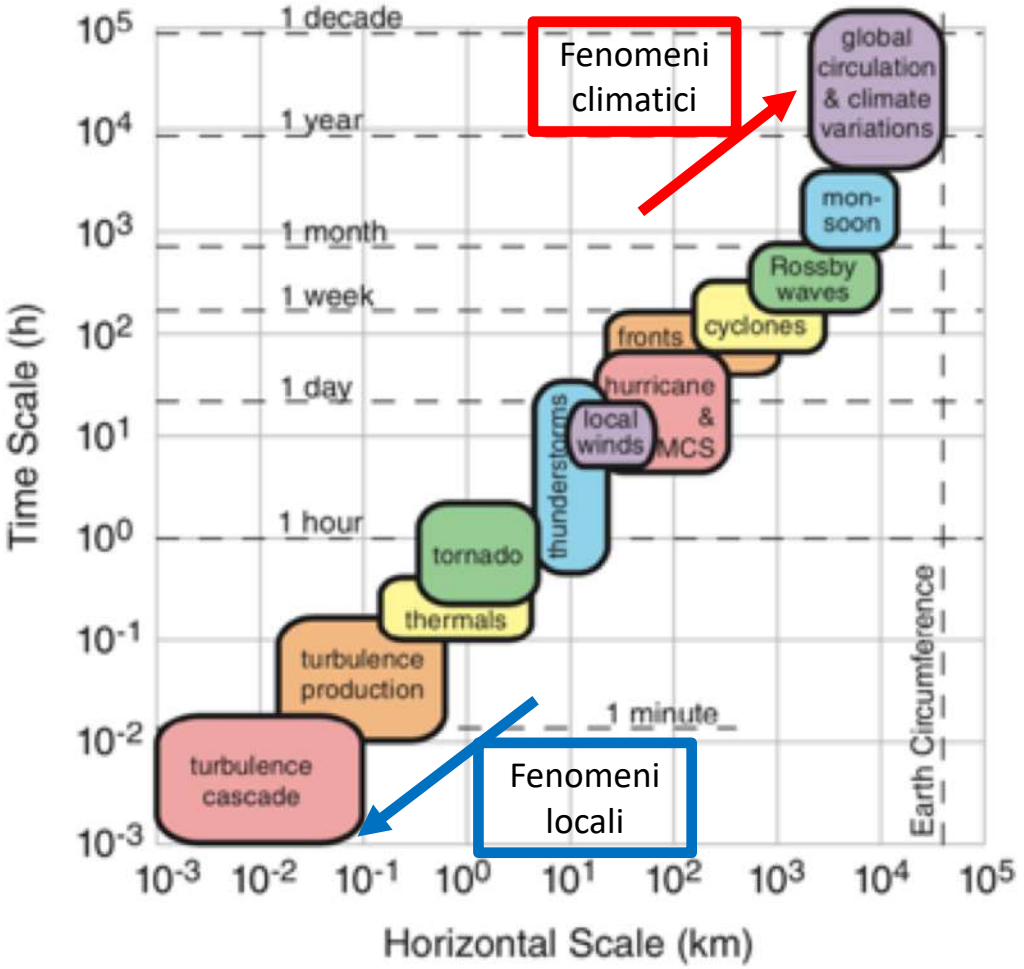
Scopo: fornire gli elementi di base per una corretta interpretazione dell'informazione meteorologica e climatologica da parte dei professionisti

Argomenti:

- Concetti e definizioni
- Il clima in genere ed il clima urbano in particolare
- Il cambiamento climatico globale e quello in in ambito urbano

LE SCALE SPAZIO-TEMPORALI DEI FENOMENI ATMOSFERICI

- Le scale maggiori controllano quelle inferiori
- La scala principale dei fenomeni meteorologici è detta scala sinottica ($10^2 \div 10^4$ km)
- I fenomeni locali sono (in genere) di maggiore e più diretto interesse per le attività umane



Meteorologia e ……

Tempo (’weather’):

Stato istantaneo locale dell’atmosfera, descritto in termini fisici da variabili quali:

P	pressione
T	temperatura
q	umidità
V, D	velocità e direzione del vento
I	radiazione
R	precipitazione.

Ha una dinamica giornaliera o di brevissimo periodo

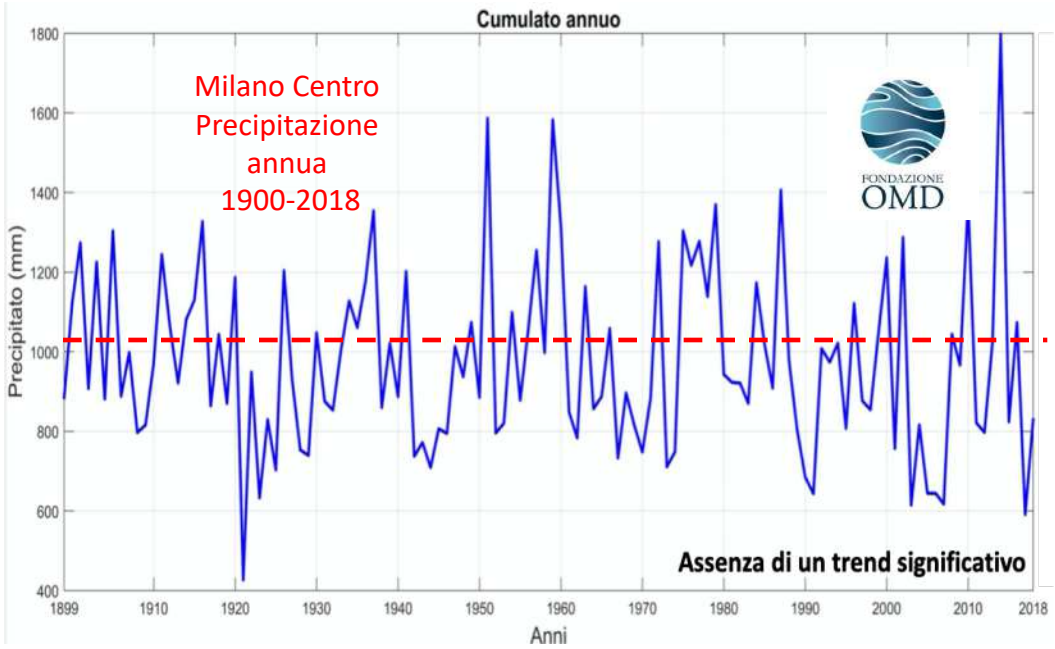
La meteorologia studia, monitora e prevede il tempo.
L’osservazione e la previsione del tempo rientrano nelle attività della meteorologia operativa.

……e climatologia

- Clima ('climate'):

Condizioni medie del tempo locale o regionale, rispetto ad uno specifico intervallo temporale molto più lungo di quello del tempo meteorologico, data l'elevata variabilità di quest'ultimo.

Ha una variabilità temporale molto più lenta, che deve essere valutata insieme ai fattori che la governano.



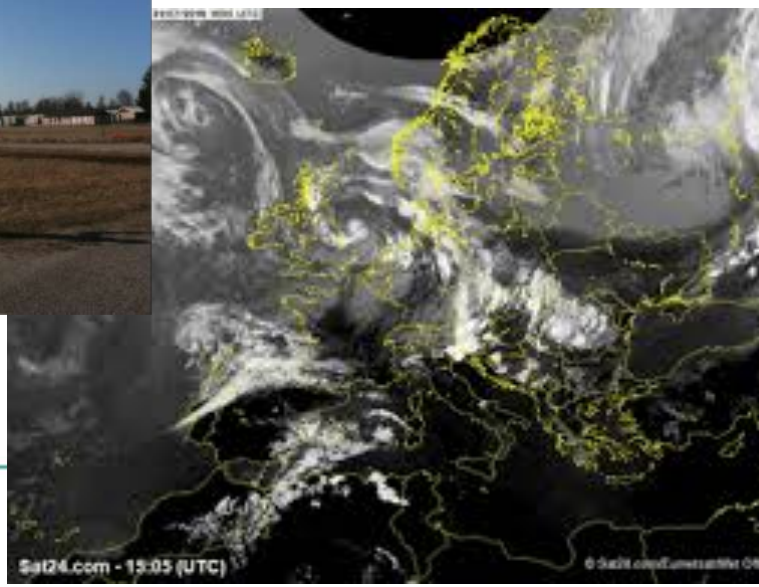
La climatologia studia le serie storiche delle osservazioni del tempo, monitorando ed interpretando i cambianti del clima nel corso del tempo

Osservazioni e ……..

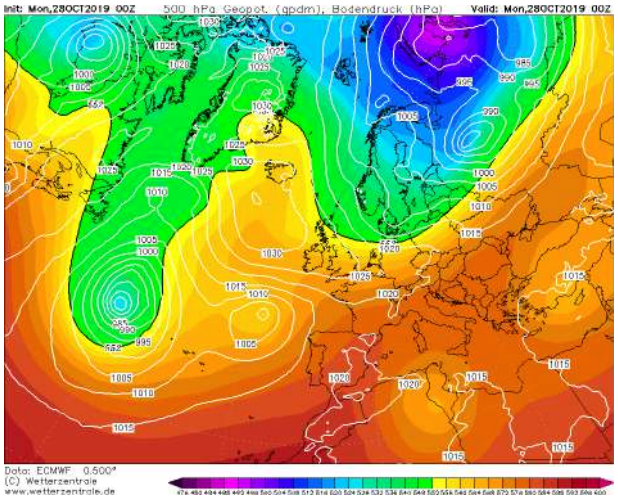
Osservazioni (misure)

Insieme delle operazioni di misura per determinare lo stato fisico atmosferico:

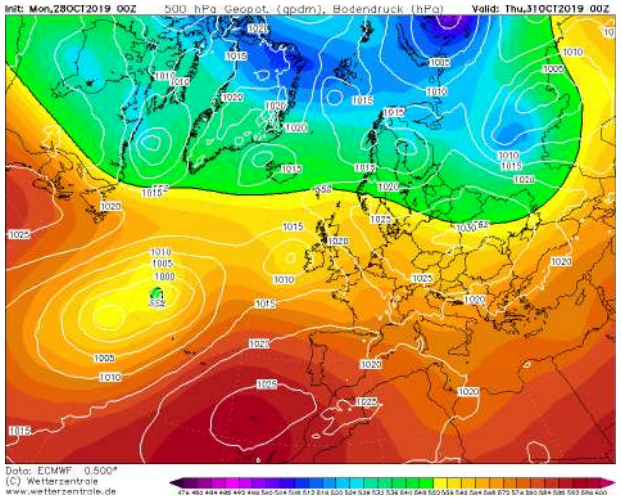
- in superficie o in quota (stazioni a terra oppure radiosondaggi)
- “in situ“, da postazione fisse o mobili
- telerilevamento, da terra o dallo spazio (radar, satelliti)



… e previsione meteorologica



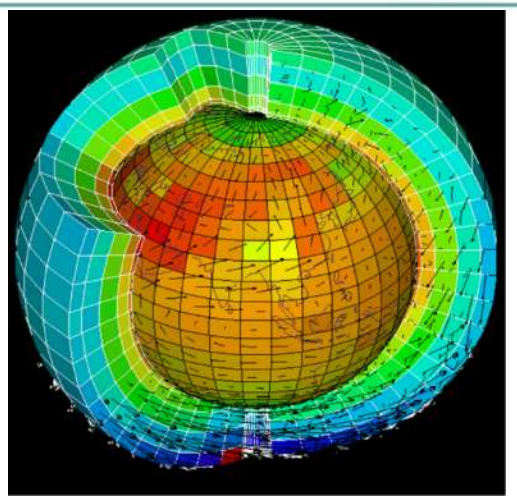
T = 0h (**Analisi** ottenuta dalle osservazioni)



T = + 72h (**Previsione** ottenuta dal modello)

Meteogrammi per località, anche in forma probabilistica (previsioni di ensemble)

Modelli numerici per l'analisi e la previsione



$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial p'}{\partial x} - \frac{1}{\sqrt{\gamma}}\frac{\partial p_0}{\partial x}\frac{\partial p'}{\partial \zeta}\right) - \left(\frac{\partial K}{\partial x} - vV\right) - \dot{\zeta}\frac{\partial u}{\partial \zeta} - \frac{1}{\rho}\left(\nabla \cdot \underline{\underline{F}}\right)\cdot \underline{e}_1 + M_u^{LB} + M_u^{UB} + D_u \quad (1)$$

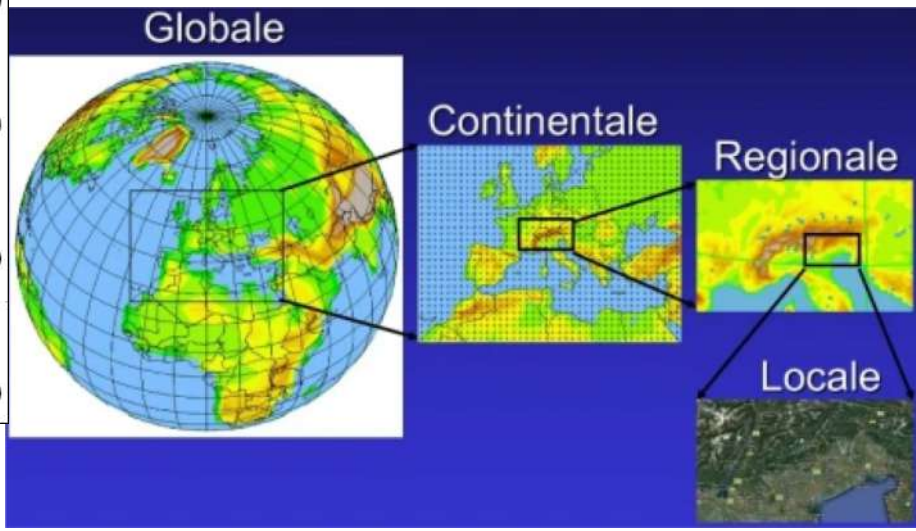
$$\frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial p'}{\partial y} - \frac{1}{\sqrt{\gamma}}\frac{\partial p_0}{\partial y}\frac{\partial p'}{\partial \zeta}\right) - \left(\frac{\partial K}{\partial y} + uV\right) - \dot{\zeta}\frac{\partial v}{\partial \zeta} - \frac{1}{\rho}\left(\nabla \cdot \underline{\underline{F}}\right)\cdot \underline{e}_2 + M_v^{LB} + M_v^{UB} + D_v \quad (2)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \frac{g}{\sqrt{\gamma}}\frac{\rho_0}{\rho}\frac{\partial p'}{\partial \zeta} + g\frac{\rho_0}{\rho}\left\{\frac{(T-T_0)}{T} - \frac{T_0 p'}{T p_0} + \left(\frac{R_v}{R_d} - 1\right)q^v - q^l\right\} - \left(u\frac{\partial w}{\partial x} + v\frac{\partial w}{\partial y}\right) - \dot{\zeta}\frac{\partial w}{\partial \zeta} - \frac{1}{\rho}\left(\nabla \cdot \underline{\underline{F}}\right)\cdot \underline{e}_3 + M_w^{UB} + D_w \quad (3)$$

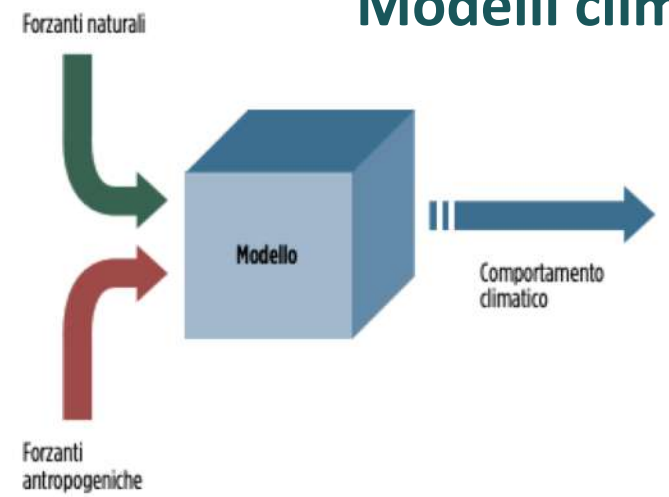
$$\frac{\partial p'}{\partial t} = g\rho_0 w - \frac{c_{pd}}{c_{vd}}p\left(D_H - \frac{g\rho_0}{\sqrt{\gamma}}\frac{\partial w}{\partial \zeta}\right) - \left(u\frac{\partial p'}{\partial x} + v\frac{\partial p'}{\partial y}\right) - \dot{\zeta}\frac{\partial p'}{\partial \zeta} + M_{p'}^{LB} + M_{p'}^{UB} \quad (4)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\frac{p}{\rho c_{vd}}\left(D_H - \frac{g\rho_0}{\sqrt{\gamma}}\frac{\partial w}{\partial \zeta}\right) - \left(u\frac{\partial T}{\partial x} + v\frac{\partial T}{\partial y}\right) - \dot{\zeta}\frac{\partial T}{\partial \zeta} + Q_T - \frac{1}{\rho c_{pd}}\nabla \cdot \underline{H} + M_T^{LB} + M_T^{UB} + D_T \quad (5)$$

$$\frac{\partial q^k}{\partial t} = -\left(u\frac{\partial q^k}{\partial x} + v\frac{\partial q^k}{\partial y}\right) - \dot{\zeta}\frac{\partial q^k}{\partial \zeta} + Q_k - \frac{1}{\rho}\nabla \cdot \underline{F}_{q^k} + M_{q^k}^{LB} + M_{q^k}^{UB} + D_{q^k} \quad (6)$$



Modelli climatici e «downscaling»



Modelli climatici:

- estensioni di quelli meteorologici globali
- producono una previsione mediata nel tempo
- bassa risoluzione a causa della loro complessità ed incertezza

Metodi di Downscaling:

- per informazioni a più alta risoluzione spaziale
- statistici o dinamici (regionali)

Progetto CORDEX: dal 2009 valutazione delle performance dei diversi modelli di downscaling climatico

Requisiti per le osservazioni

WMO: Organizzazione Meteorologica Mondiale
–Metodi e procedure (CIMO Guide Nr. 8-Ed. 2018)

ECVs: Essential Climatic Variables (in superficie)

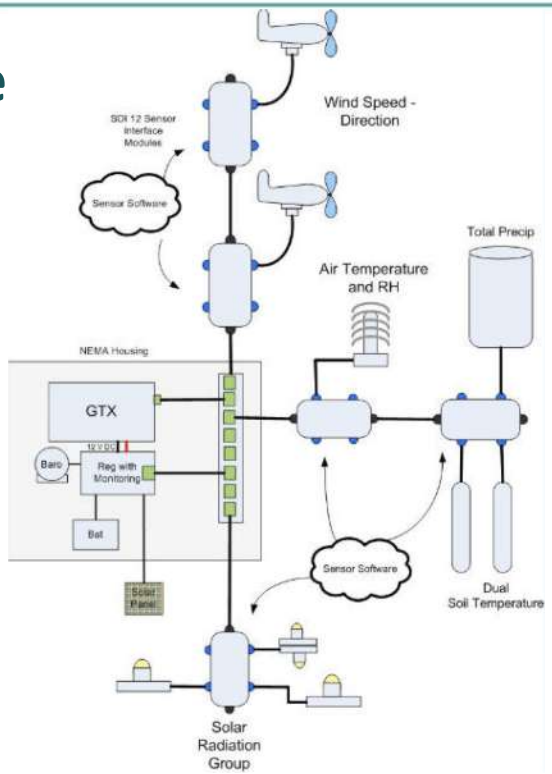
- T: Temperatura [°C]
- Ur: Umidità relativa [%]
- P: Pressione [hPa]
- D,V: Vento (direzione e velocità) [deg, m/s]
- R: Precipitazione [mm]
- I: Radiazione [Wm^{-2}]

Precisione: 10^{-1} °C, hPa, m/s, mm; 1 Wm^{-2}

Accuratezza: manutenzione e taratura strumenti, metadata e aggiornamenti

*NB: stima delle **incertezze**: $M = M_0 \pm U$ e **omogeneità** nello spazio e nel tempo*

La stazione di osservazione meteorologica



Automatic Weather Stations (AWS):

–Insieme di sensori e data logger (qualità e quantità dei dati)

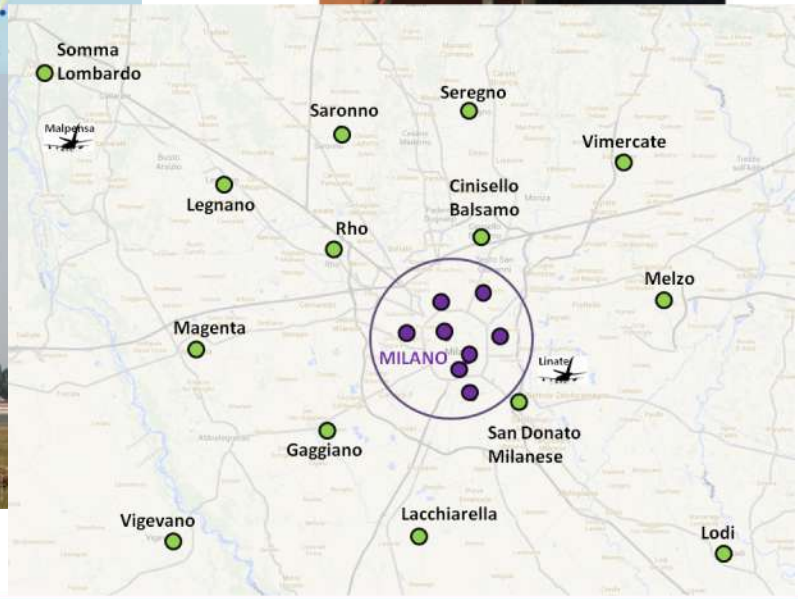
–Sistemi di comunicazione (in tempo reale o differito)
–Alimentazione (autonoma o da rete)

–Installazione (classificazione e metadata)
–Gestione e manutenzione (affidabilità e sostenibilità)

Esempi di AWS ….

oni

Meteoclimatiche
Aeronautiche
Per scopi speciali:
- urbane,
- agromet.,
- ecc.



Classificazione delle stazioni meteorologiche

Scopi delle misure in superficie anche molto differenziati in funzione dell'uso finale

Diverse tipologie di installazione

Diversa rappresentatività spaziale

Necessità di una classificazione

L'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO: agenzia dell'ONU) prevede una classificazione:

- basata principalmente sulle esigenze della meteorologia alla scala sinottica
- In genere inadeguata per le misure a microscala

Classificazione WMO-CIMO

Classe 1, Temperatura:

Stazione molto rappresentativa

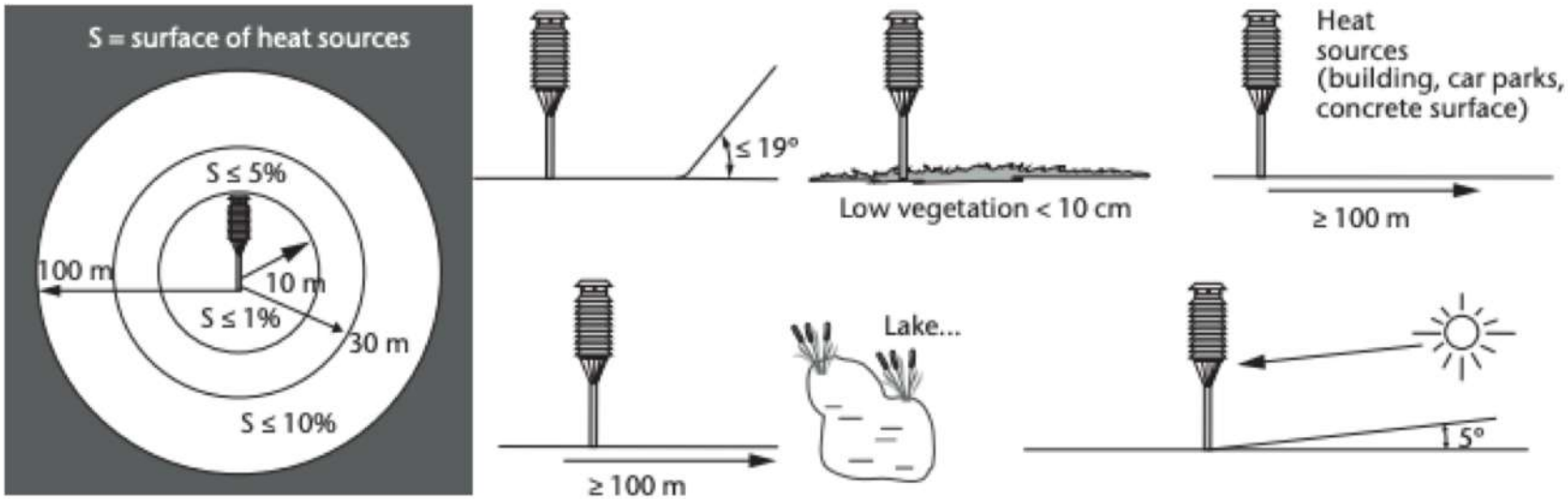


Figure 1.B.1. Criteria for air temperature and humidity for class 1 sites

Classificazione WMO-CIMO

- Classe 4, Temperatura (incertezza aggiuntiva stimata fino a 2 °C):

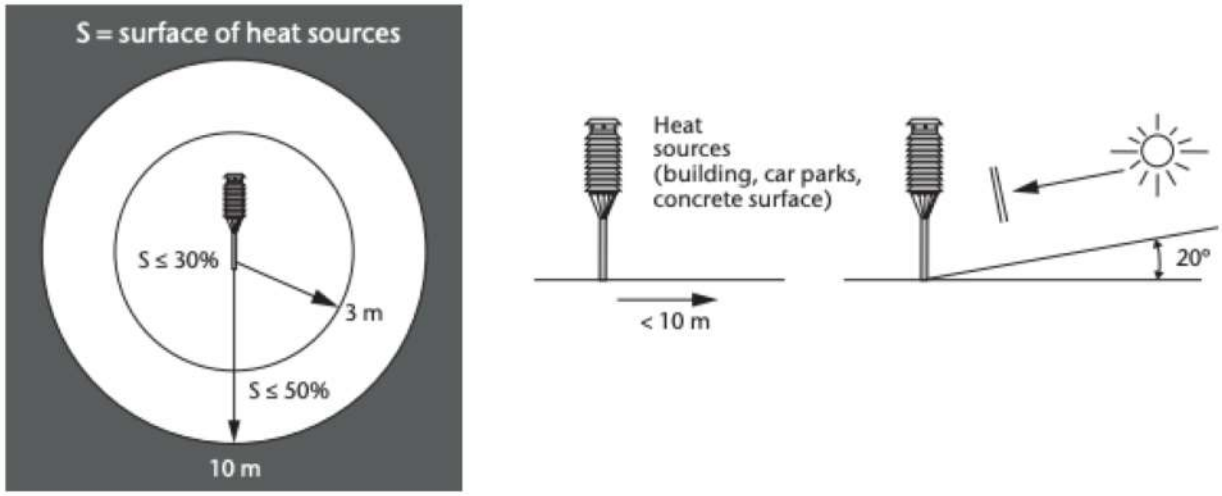


Figure 1.B.4. Criteria for air temperature and humidity for class 4 sites

Stazione poco rappresentativa

- Classe 5: non soddisfa i requisiti della classe 4 (incertezza aggiuntiva stimata fino a 5°C)

Rappresentatività meteorologica

Dalla CIMO Guide (WMO Nr. 8, ed 2018):

La rappresentatività di un'osservazione è il grado di accuratezza con cui descrive il valore di una variabile per uno scopo prefissato.

Scala (meso-)sinottica: 10 ÷ 100 km

Microscala: 10 ÷ 100 m

Nell'uso dei dati di una rete esistente:

- Ottenibile da un'analisi statistica delle misure disponibili e valutabile per i fini previsti
- Basata sulla variabilità spaziale e temporale del fenomeno d'interesse
- Stimabile con metodi analitici come l'Optimum Interpolation (OI) e la Data Assimilation (DA)

Metadata

Insieme delle informazioni che descrivono contesto e procedure delle osservazioni

Metadati stazioni meteo CN per ClimaMi	1	2	3	4
Stazione	MI	MI	MI	MI
Parametri	Sud	Centro	Bovisa	Bicocca
Installazione o Inizio misure o disponibilità dati della stazione	15/12/11	18/03/11	16/09/11	30/11/12
Localizzazione *(Siting)*				
Altitudine s.l.m (m) dei sensori (stazione compatta): da GEPro 2019	128	135	150	143
Latitudine WGS84 (GPSpiù foto, deg)	45,431289	45,459641	45,502578	45,510169
Longitudine WGS84 (GPS+ foto, deg)	9,200497	9,194909	9,163837	9,211582
Distanza da MI Centro (km), calcolata	3,183	0,000	5,355	5,768
Classificazione				
Uso del suolo circostante (Land use, da Urban Atlas 2012)	11.1/12.1	12.1	11.1	12.1
Local Climate Zone (LCZ, da WUDAPT-Geopedia)	2	3	4	3
Classificazione WMO-CIMO Guide ed. 2018 per i sensori Temperatura e Umidità	4	5	5	5
Classificazione WMO-CIMO Guide ed. 2018 per il sensore Vento	5	4	4	4
Classificazione WMO-CIMO Guide ed. 2018 per il sensore Precipitazione	2	2	2	2
Classificazione WMO-CIMO Guide ed. 2018 per il sensore Radiazione (se presente)	2	2	1	1
Esposizione *(Exposure)*				
Albedo della superficie piana orizzontale sottostante	0,14	0,17	0,19	0,21
H (m) Altitudine s.l.m. del suolo circostante (piano strada): da GEPro 2019	108	117	131	130
h (m) Elevazione dei sensori dalla superficie di appoggio della stazione: da GEPro 2019	2,3	2,5	2,0	2,6
B (m) Altitudine s.l.m. della superficie piana orizzontale sottostante: da GEPro 2019	126	133	148	140
D1(m) - Distanza dalla parete verticale sotto- o sovrastante più vicina (A)	1	0	0	1
D2 (m) - Distanza dalla parete verticale sotto- o sovrastante (B)	1	8	2	-
S1 (m) - Altezza della parete verticale sotto- o sovrastante (A)	20	7	1	15
dir S1 - Orientazione della parete verticale sotto- o sovrastante (A)	S	E	SE	SW
S2 (m) - Altezza della parete verticale sotto- o sovrastante (B)	20	7	17	-
dir S2 - Orientazione della parete verticale sotto- o sovrastante (B)	E	NE	SW	-
Incertezze aggiuntive a quelle di taratura				
Incertezza aggiuntiva media della temperatura dovuta all'esposizione dei sensori (Exposure Uncertainty, stimata per similarità con quelle di Milano: 0,3 o 0,6 o 0,9)	*0,9*	*0,6*	*0,9*	*0,9*
Strumentazione				
Primaria: WXT520 (con termometro ridondato PT100)	sì	sì	sì	sì
Aggiuntiva: radiometro				
Pluviometro a bascula ausiliario				sì

Metadata nel DB di ClimaMi (parziale)

Alcuni database meteo-climatici

TESTO Scala meso-sinottica

- –WMO-OGIMET: https://www.ogimet.com/home.phtml.en
- –WMO –OSCAR: https://oscar.wmo.int/surface
- –NOAA-NCDC: https://www.ncdc.noaa.gov/
- –Servizio Meteorologico A.M: http://www.meteoam.it/

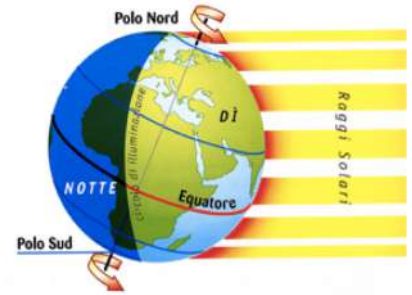
Scala regionale/locale

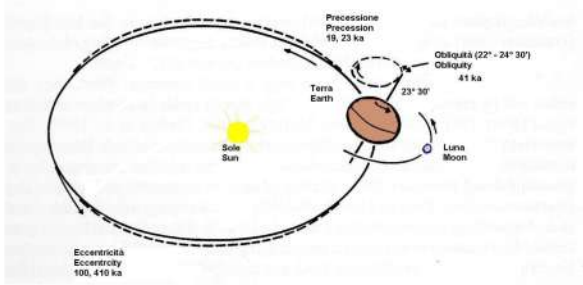
- –ARPA Lombardia: https://www.arpalombardia.it/ (meteo)
- –MM: rete di pluviometri
- –Fond. OMD: rete urbana metropolitana (Climate Network®) https://www.fondazioneomd.it/
- –***Progetto ClimaMi (indicatori climatici applicatvi)*** https://www.progettoclimami.it/

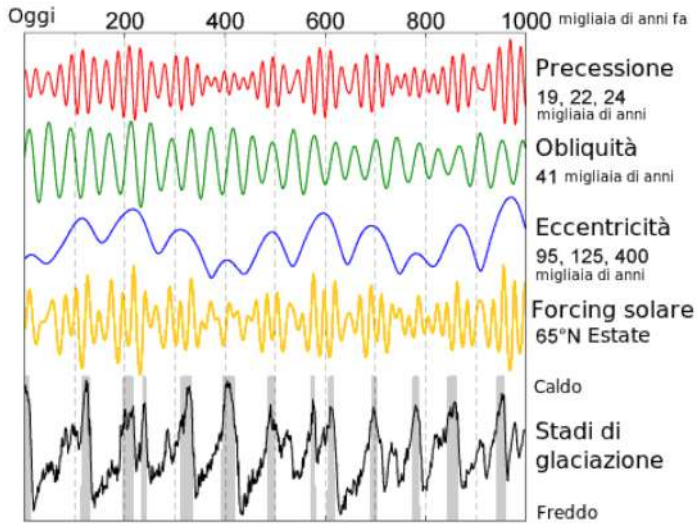
Prime conclusioni

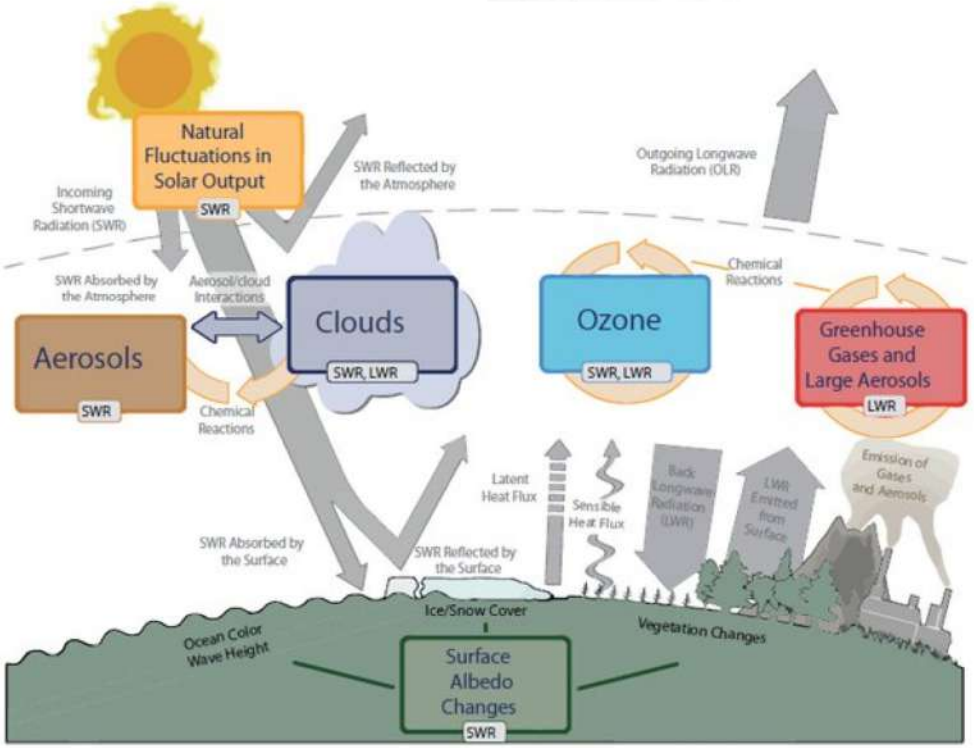
- Importanza dell'osservazione (misura) meteorologica
- Conoscenza climatica da lunghe serie di osservazioni
- Metadata delle osservazioni
- Classificazione delle stazioni e rappresentatività delle misure

Il Clima: la scala planetaria









Clima del pianeta Terra: T ≈ 15°C

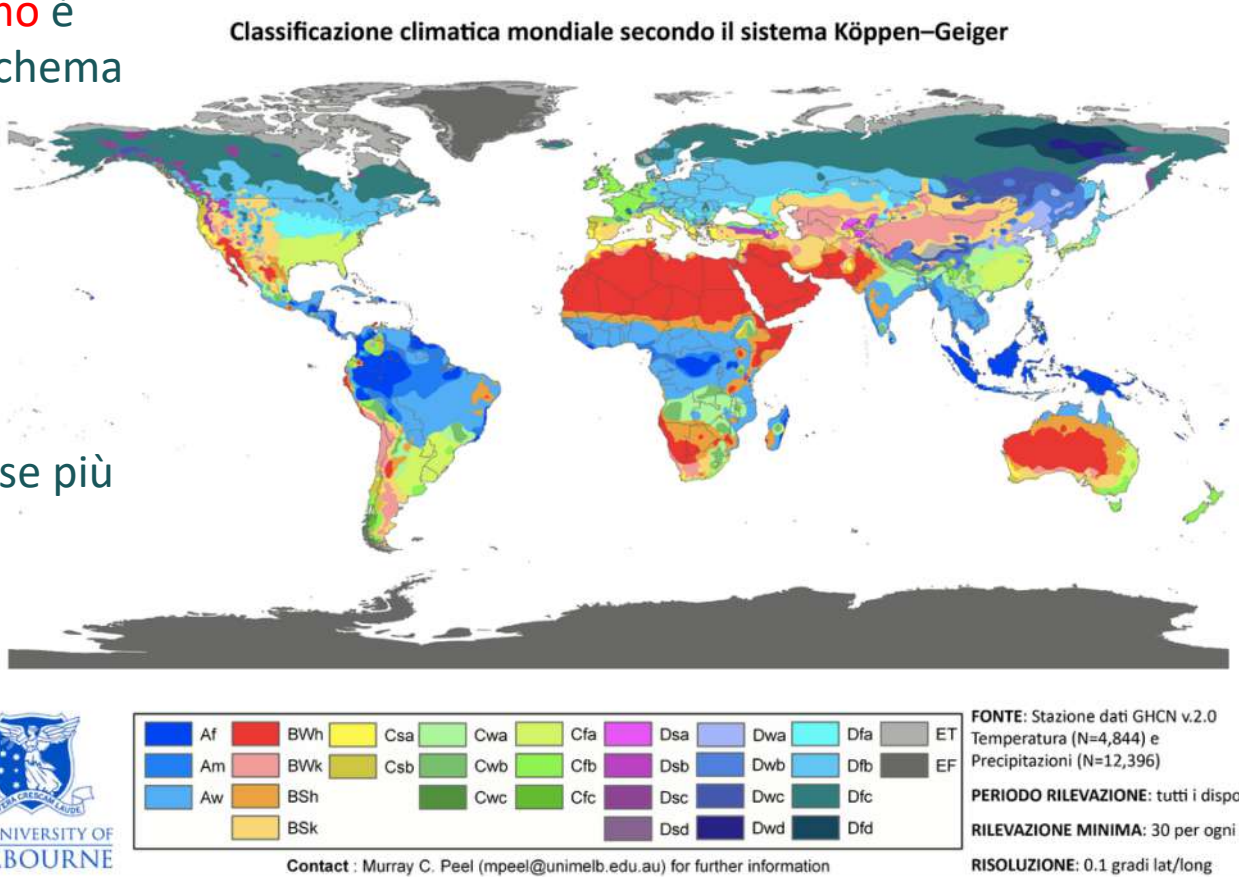
Temperatura media alla superficie terrestre

Alternanza delle stagioni
Fasce di latitudine: zone polari, intertropicali e medie latitudini

Climi della Terra: la classificazione di Köppen-Geiger

Il clima della provincia di Milano è classificato come "Cfa" nello schema di Köppen-Geiger (1936):

- Temperato-caldo piovoso
- Precipitazioni in tutti i mesi
- Temperatura media del mese più caldo superiore a 22 °C.

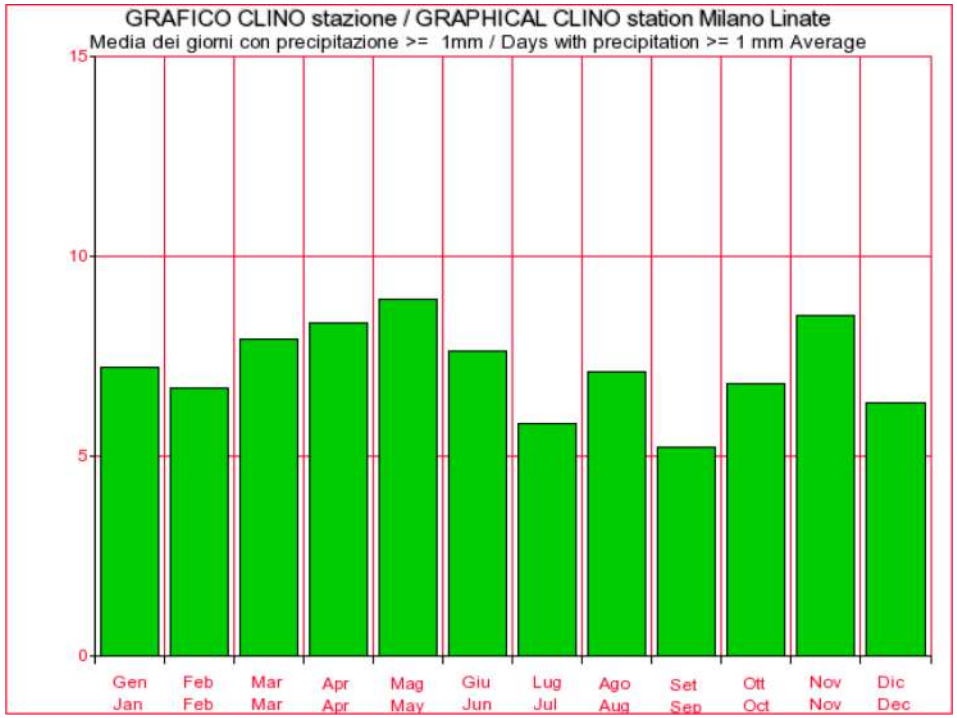


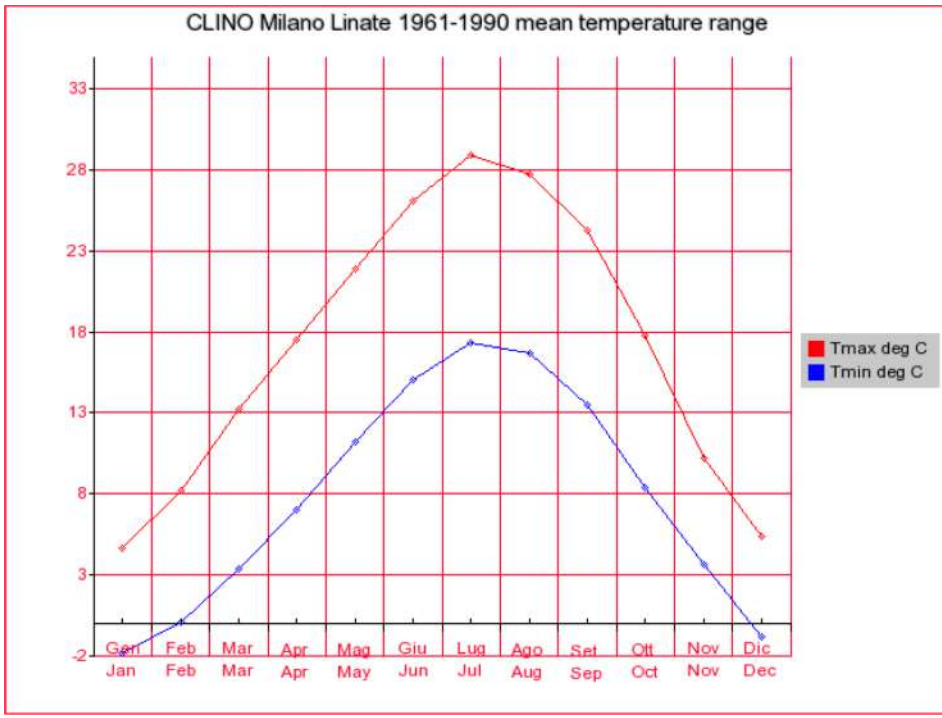
THE UNIVERSITY OF MELBOURNE

Il clima di Milano

Prima approssimazione:

stazione sinottica di Milano Linate, Climate Normal 1961-90 (CLINO)





Poco o nulla rappresentativa della città, non risolve l'ambito cittadino!

Scala locale e microscala (per esempio: scala urbana)

Clima di una area delimitata

in cui le variabili atmosferiche medie differiscono in modo caratteristico e significativo da quelli delle zone circostanti

a causa di peculiarità geomorfologiche o fisiologiche.

Problematiche relativamente al posizionamento e alla rappresentatività!

Misure urbane e misure extraurbane

I requisiti WMO – CIMO pongono tutte le stazioni urbane in classe 4 o 5:

- 2 ÷ 5°C di incertezza aggiuntiva sulle misure

Misure urbane comunque necessarie per molti motivi.

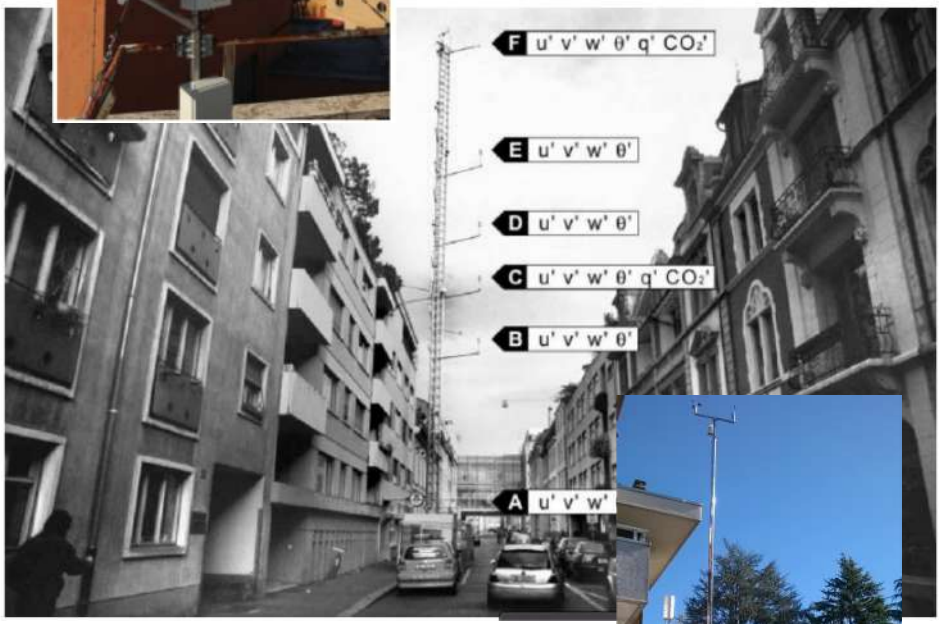
Esistono in ogni caso criteri specifici per posizionamento delle stazioni ed esposizione dei sensori

Oke, T.R.: Initial Guidance To Obtain Representative Meteorological Observations At Urban Sites, Wmo Instruments And Observing Methods Report No. 81, 2006

Posizionamento delle stazioni meteorologiche in ambito urbano

Condizionamenti nella scelta del luogo d'installazione:

- Scopo delle misure (energia, benessere, inquinamento, ...)
- Rappresentatività areale (tipologia e uso della superfici circostanti, quota, elevazione, …)
- Aspetti logistici (accessibilità, alimentazione, connettività, …)



Nell'atmosfera urbana il livello a cui si effettuano le misure diventa molto più critico che in ambiente extra-urbano: ad elevazioni diverse rispetto al piano strada corrispondono strati atmosferici con diverso comportamento fisico.

Uso e copertura del suolo (Land Use)

L'area di Milano, Bergamo e Brescia

Corine - EAA Urban Atlas (EU)

Periodicamente aggiornato (CLC 1990, 2000, 2006, 2012, 2018)

Risoluzione spaziale: 100m

Classificazione gerarchica

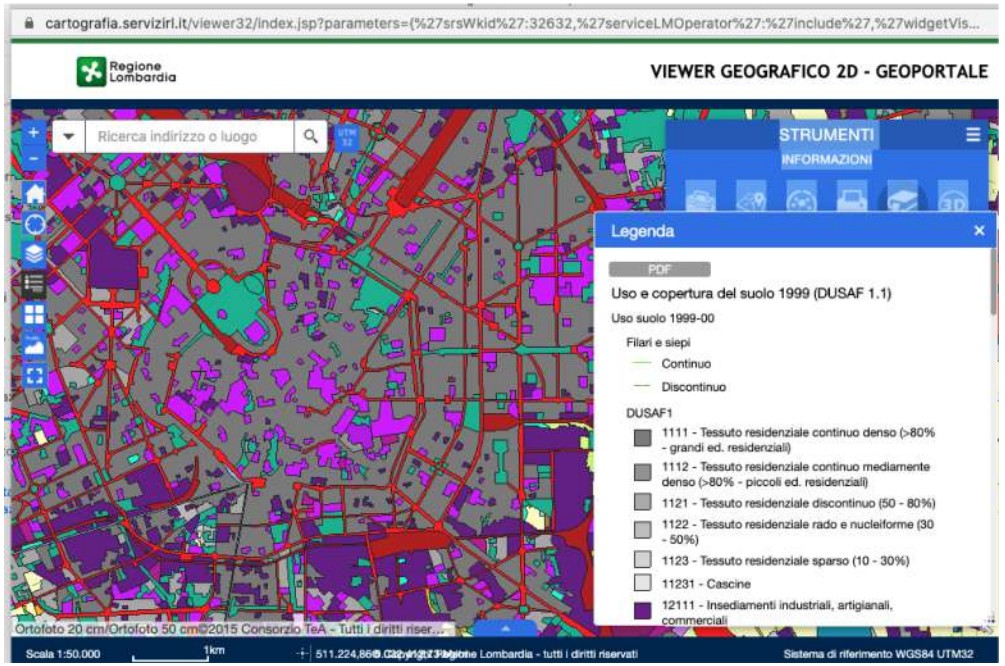
in 5 categorie principali:

1. Superfici artificiali
2. Aree agricole
3. Foreste ed aree semi-naturali
4. Zone umide
5. Corpi d'acqua

DUSAF (Regione Lombardia) – Geoportale

Uso e e copertura del suolo (1999-2000)

Mappe catastali

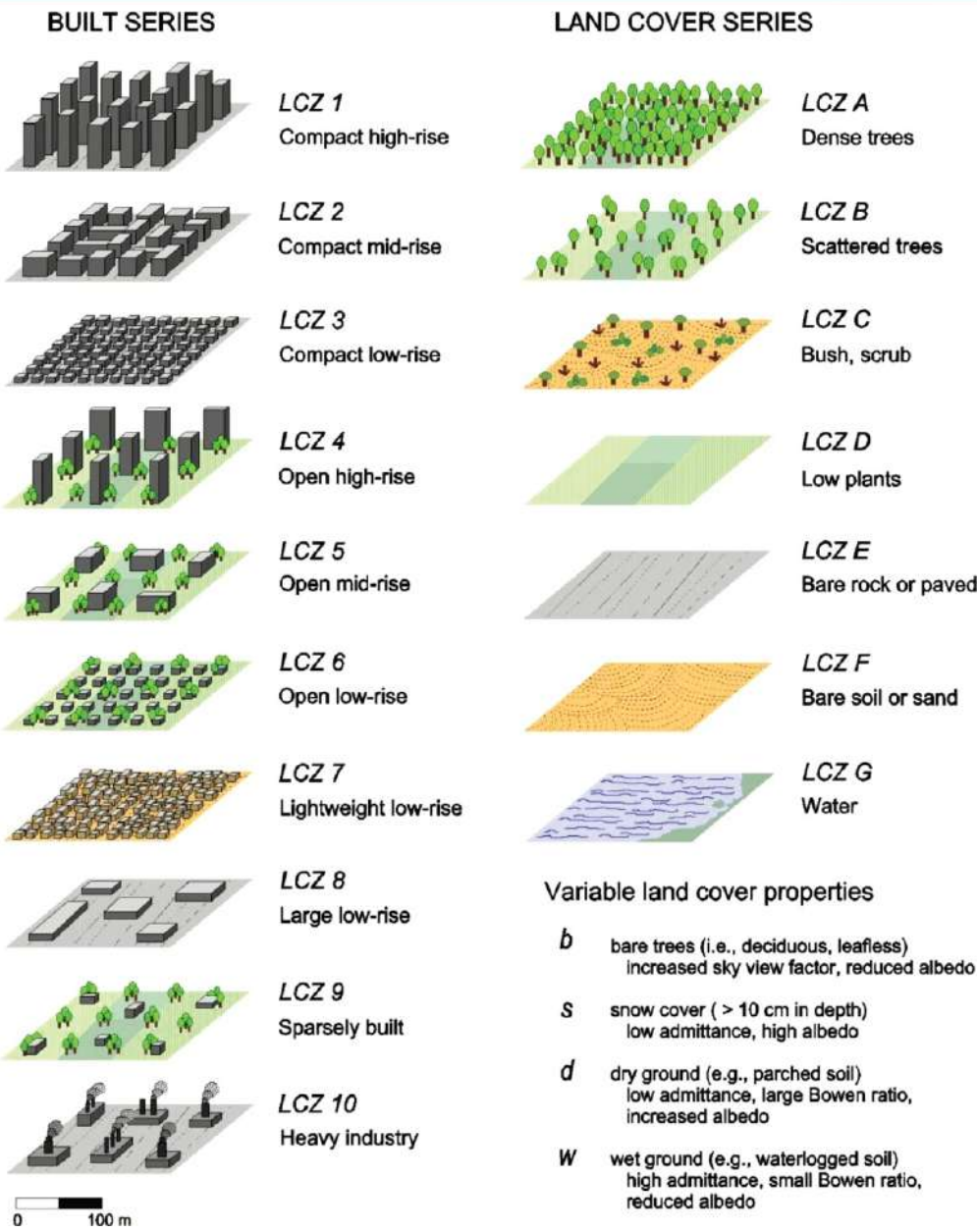


Zone climatiche urbane (LCZ)

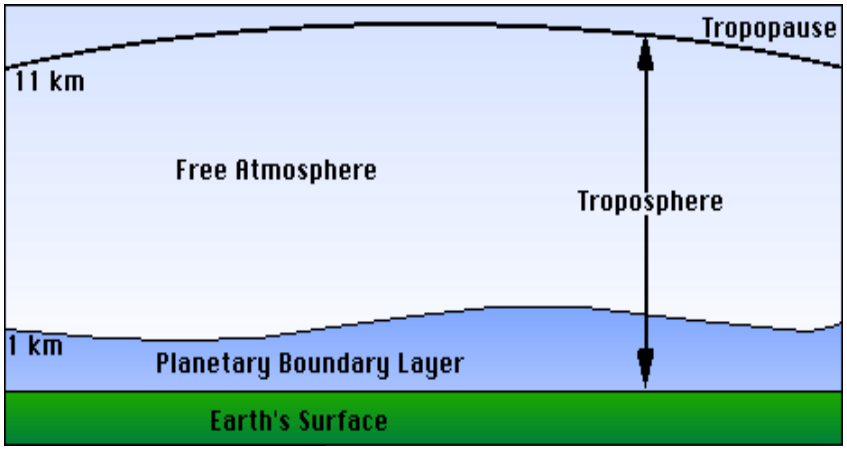
Classificazione morfologica riconducibile a parametri misurabili:

- SVF: Sky View Factor
- H/L: Altezza/ Larghezza dei Canyons urbani
- Classe di rugosità superficiale
- Frazione di superficie edificata
- Frazione di superficie permeabile
- Albedo

Stewart, I.D. and Oke, T.R. 2012. Local Climate Zones for urban temperature studies. Bulletin of the American Meteorological Society, 93: 1879-1900.



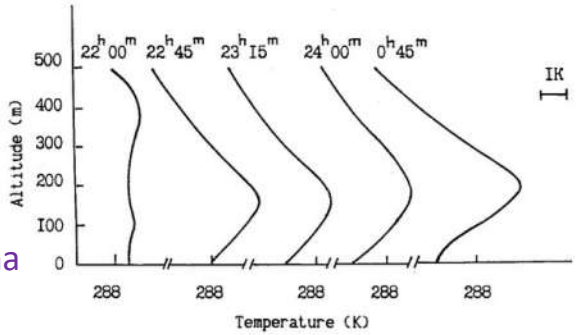
Lo strato limite planetario: Planetary Boundary Layer (PBL)



Strato troposferico:

- a diretto contatto con il suolo,
- influenzato dalla superficie terrestre,
- risponde alle variazioni in superficie con una scala temporale di $\lesssim$ 1h.

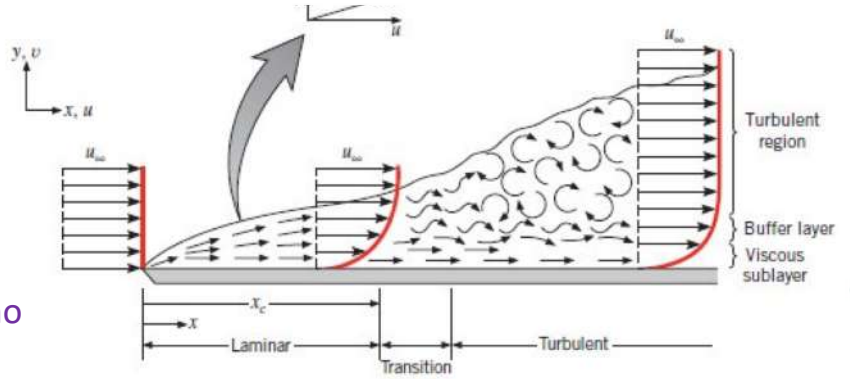
Sviluppo dell'inversione termica notturna



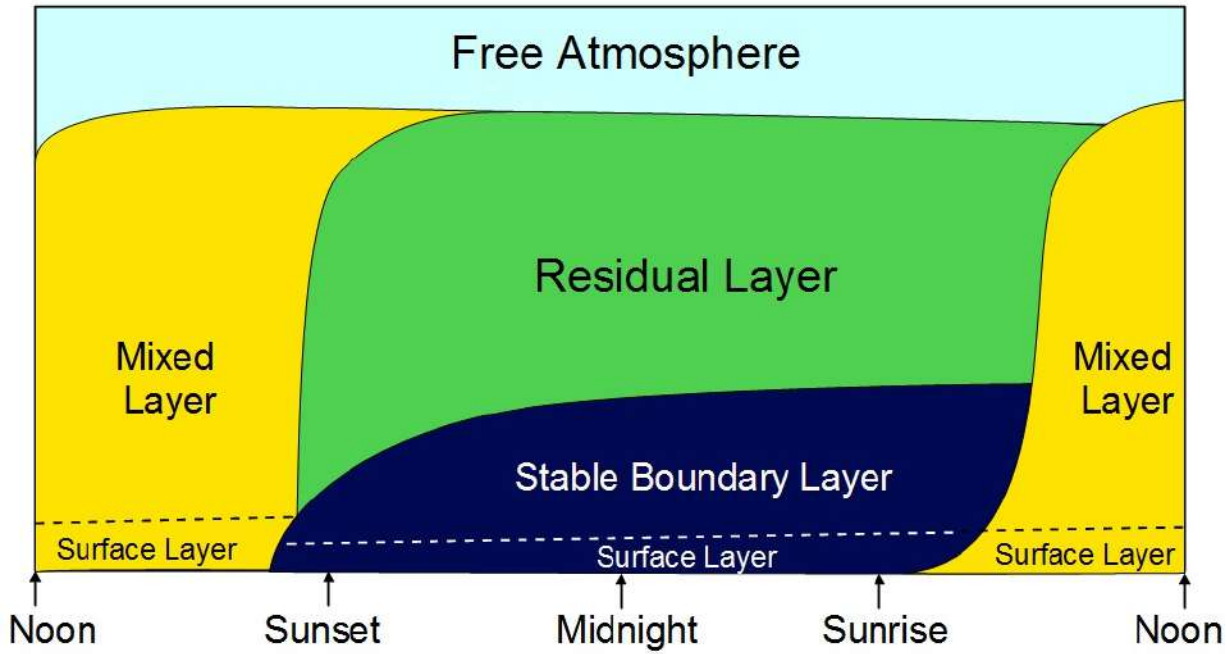
Marcata variazione giornaliera legata all'irraggiamento solare della superficie, con tendenza alla:

- stabilità notturna (stratificazione, inversione)
- instabilità convettiva diurna (rimescolamento)

Sviluppo del flusso turbolento di giorno



Struttura ed evoluzione giornaliera dello strato limite planetario (PBL)



Strato rimescolato: in genere presente e ben sviluppato di giorno, turbolenza e gradienti verticali deboli o nulli.

Strato stabile: si sviluppa dopo il tramonto, è stabile e non rimescolato.

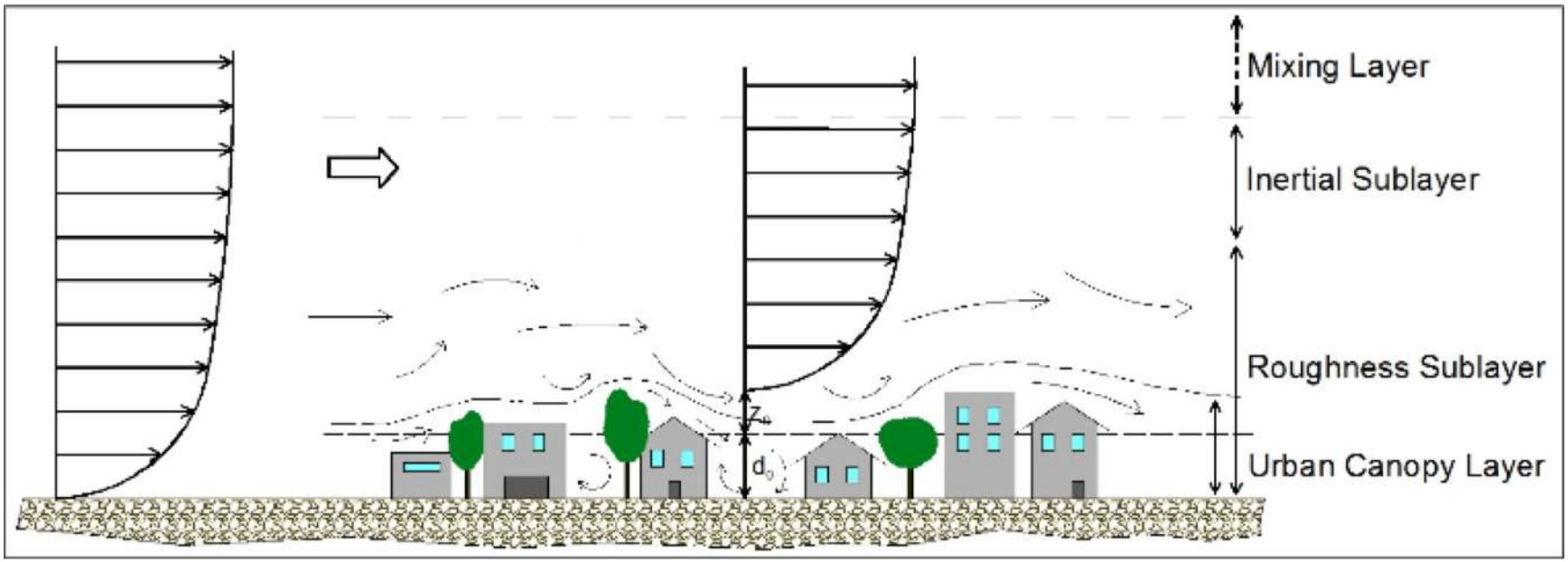
Strato residuale: sovrasta lo strato stabile, è neutro e poco rimescolato.

Strato superficiale: hs $\lesssim$ 10% del PBL, presenta forti gradienti verticali e turbolenza.

Dall'ambiente rurale all'ambiente urbano

L'aumento della "rugosità superficiale" crea nuove stratificazioni nella parte inferiore del PBL (Surface Layer):

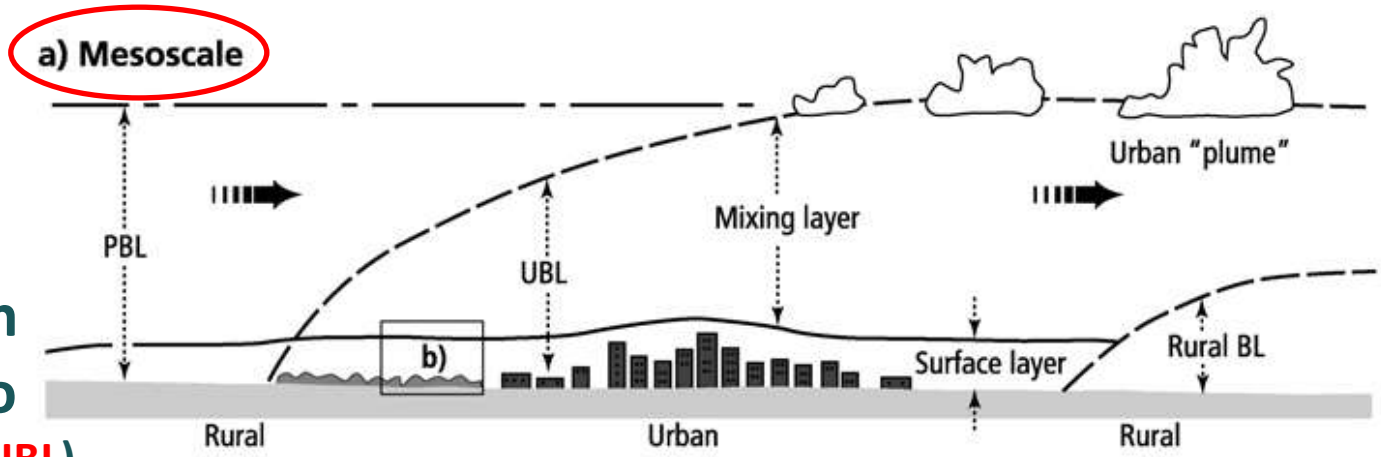
Inertial -, Roughness -, Urban Canopy Sublayer



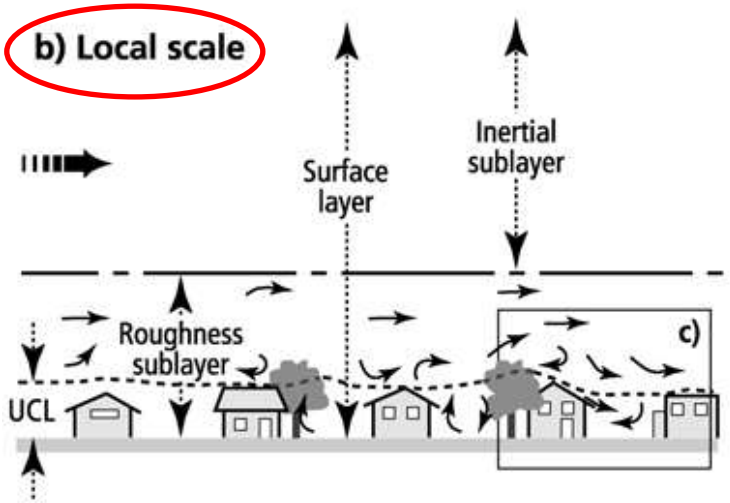
Il profilo verticale del vento modifica i flussi orizzontali e verticali

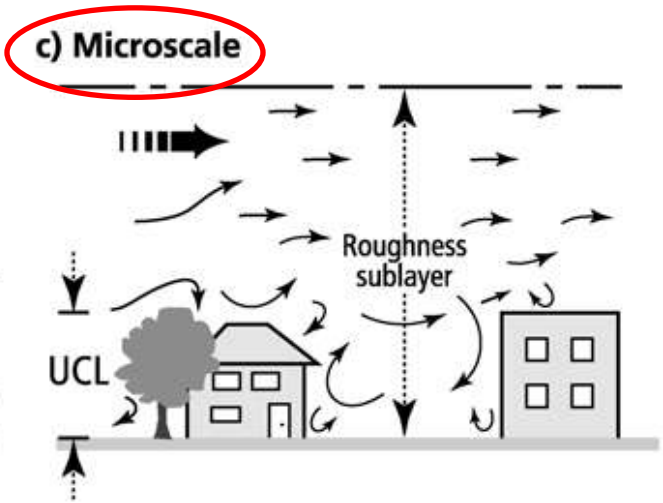
Lo strato limite in ambiente urbano

(Urban Boundary Layer: UBL)



E' determinato dalla struttura a piccola scala dell'urbanizzato

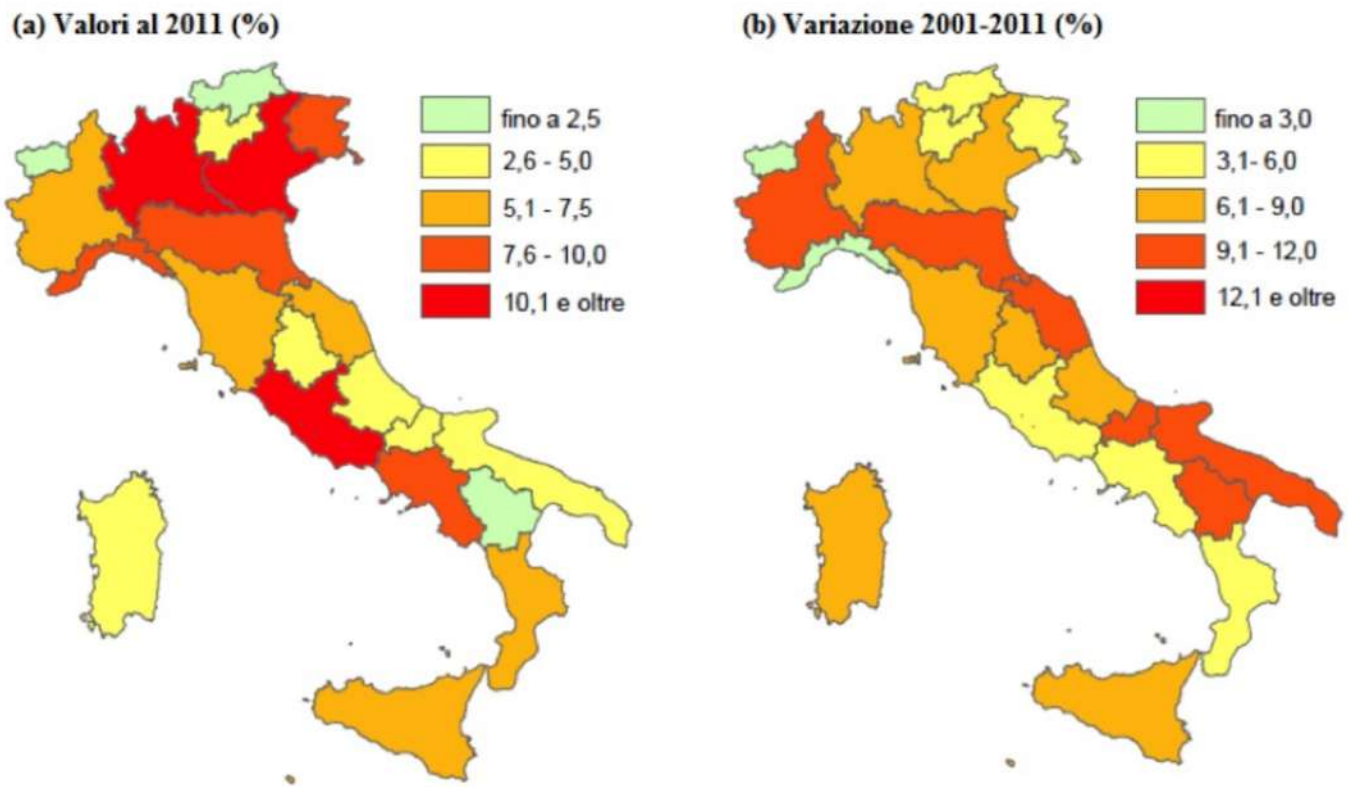




L'urbanizzazione recente in Italia

Superficie territoriale delle località abitate

Fonte ISTAT

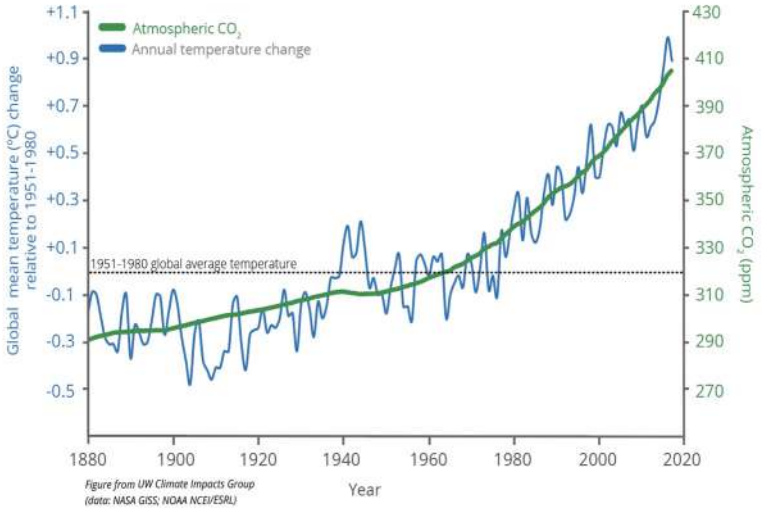


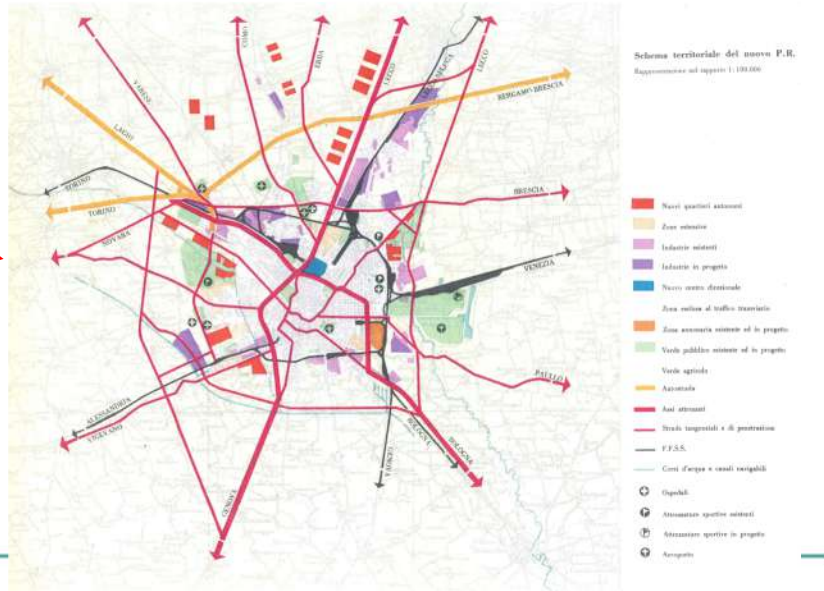
Il clima urbano

TESTO Dipende dalla sovrapposizione di due effetti:

- Il clima regionale (che varia lentamente in funzione del cambamento climatico in corso: effetti regionali del "global warming")
- Le variazioni urbanistiche (che variano più rapidamente in funzione delle scale spaziali e temporali loro caratteristiche)

Distinguere le due componenti è possibile solo attraverso stime delle relative intensità e caratteristiche.



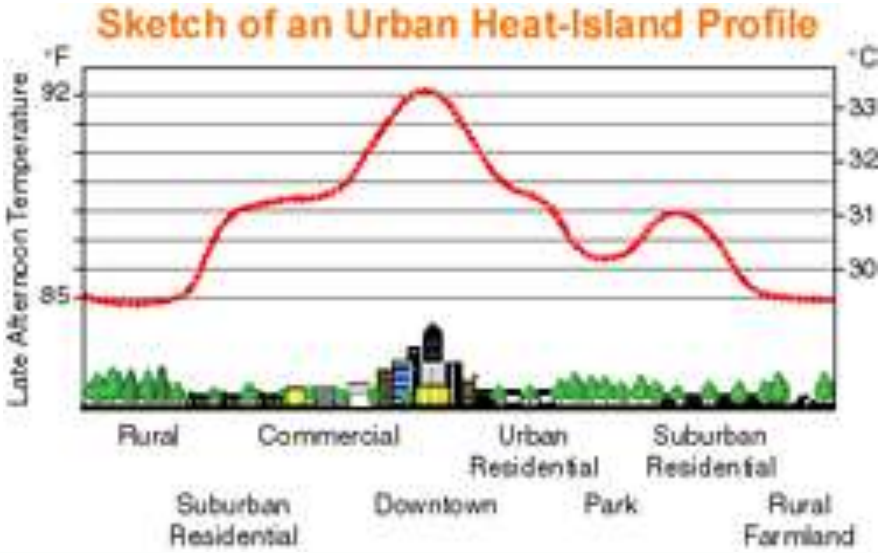


Seconde conclusioni

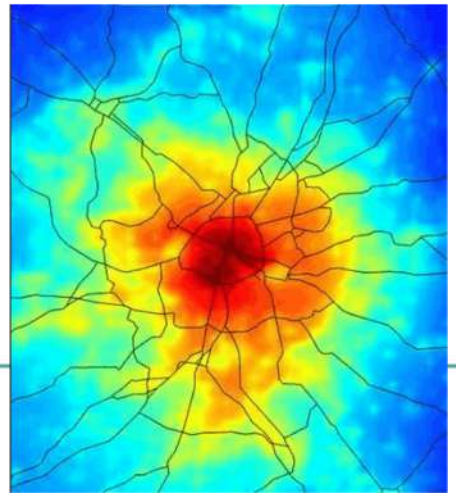
- L'ambiente urbano è più complesso dell'area non urbanizzata circostante
- La sua atmosfera è fortemente influenzata dalle caratteristiche morfologiche della città
- Tutte le misure meteo urbane hanno pari dignità, ma:
  - vanno considerate in funzione dello strato cui si riferiscono
  - devono essere molto ben descritte in termini di metadata
  - compresa la classificazione della superficie circostante

L'isola di calore urbana (UHI)

- E' il principale fenomeno dell'atmosfera urbana, già osservato da L. Howard nella città di Londra (1810)
- A. Kratzer nel volume "Das Stadtklima" (1937) introduce per primo il concetto di "Städtische Wärmeinsel"
- Urban Heat Island (UHI): T. R. Oke (1982), The energetic basis of the urban heat island, Quarterly Jorurnal of the RMS, 108(455),1-2



Area urbana o metropolitana sensibilmente più calda delle aree rurali circostanti per cause antropogeniche.



Definizione e principali caratteristiche dell'isola di calore urbana

UHI: isoterme chiuse che individuano un'area superficiale urbanizzata relativamente più calda

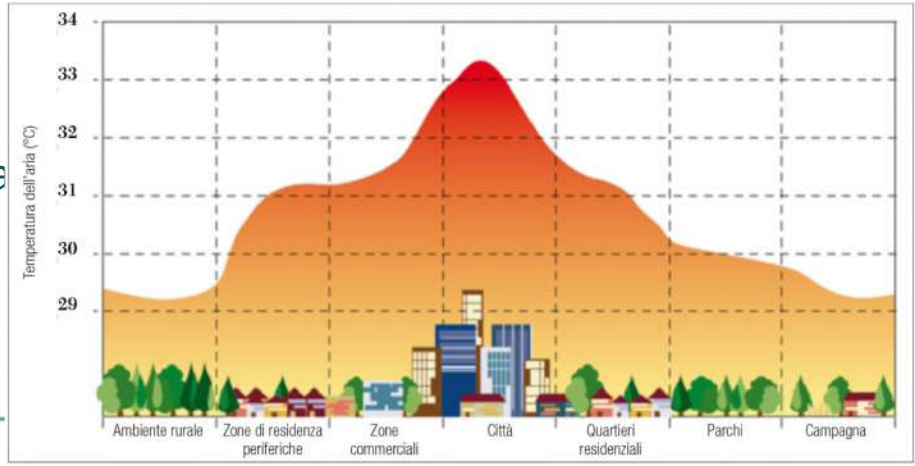
Indice UHI: $I_{UHI} \equiv \Delta T = T_{urb} - T_{rur}$

Problema: definire e misurare correttamente T_{urb} e T_{rur}!

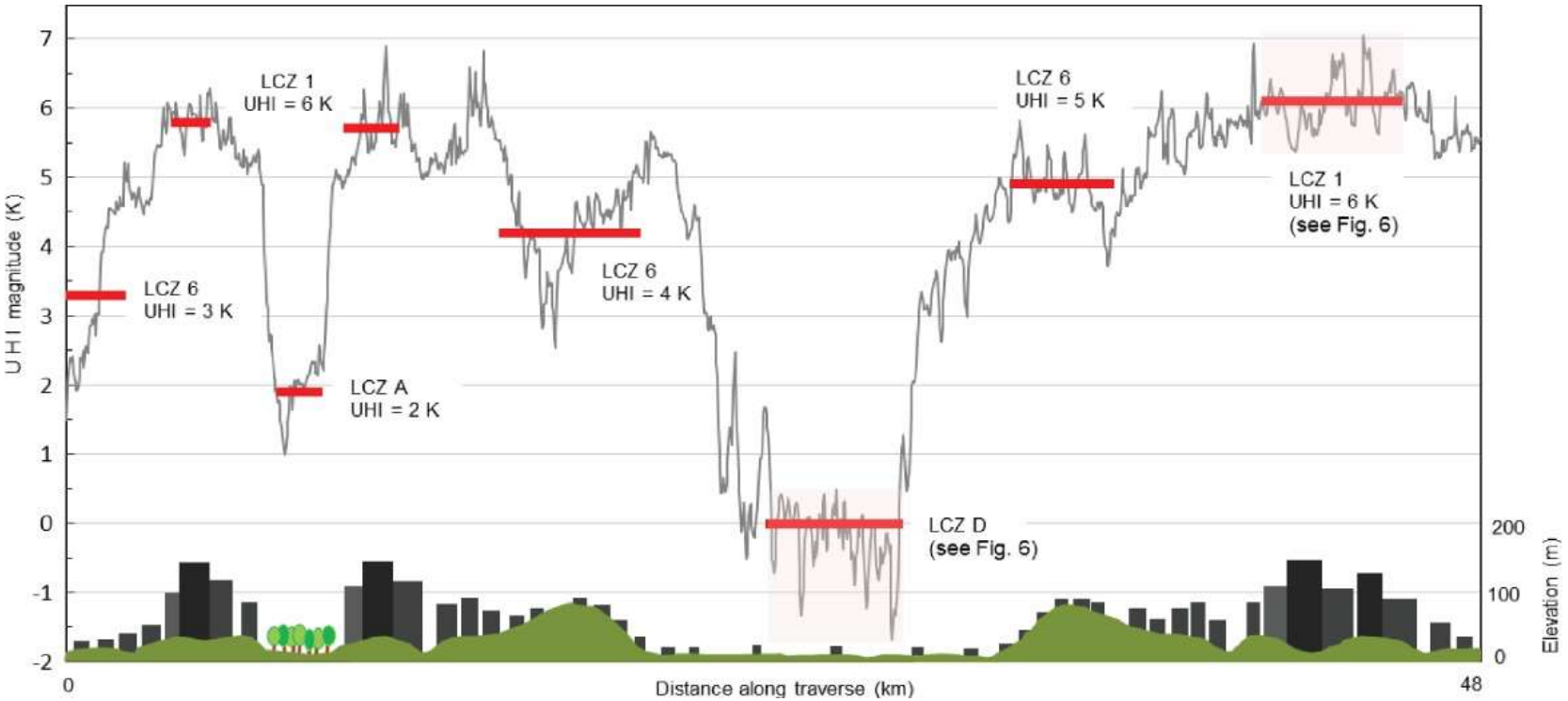
L'indice UHI di una grande città ($\sim 10^6$ abitanti) può essere di 1° ÷ 2°C in una media annua, mentre in singole notti calme e serene può raggiungere i 12°C.

Il calore si propaga verticalmente fino a formare:

- una cupola (heat dome) in condizioni di calma
- un pennacchio caldo (urban heat plume)
- sottovento in condizioni ventilate.



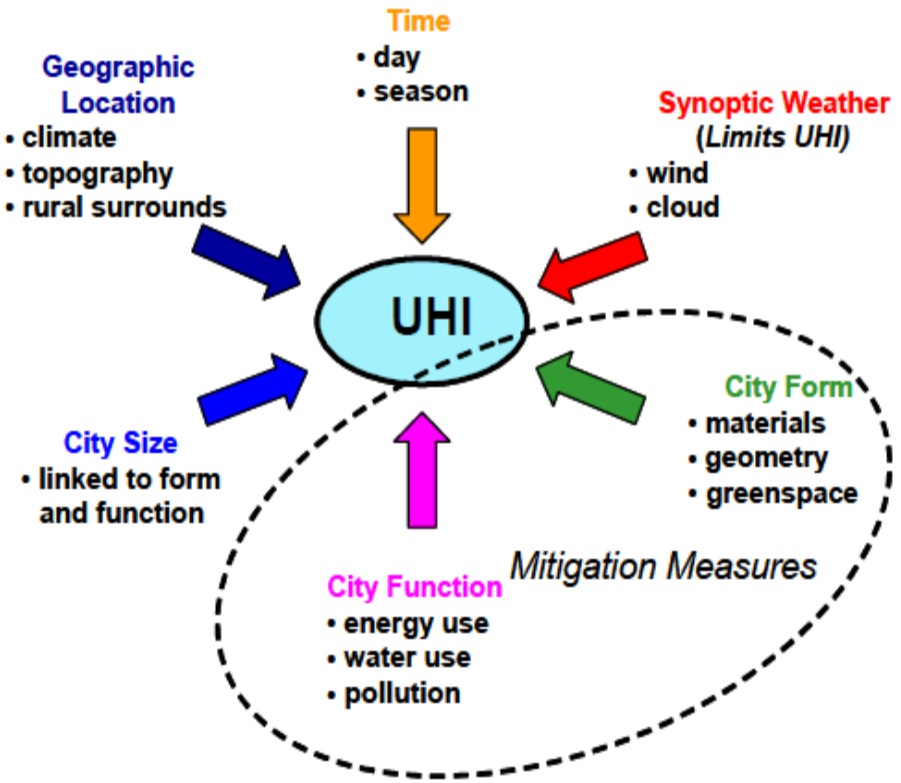
UHI e Local Climate Zones (LCZ)



Heat island magnitudes ($\Delta T_{LCZ\ X-D}$) for Vancouver during a nighttime traverse in calm, clear weather (2200 hours; 4 November 1999): *Iain D. Stewart,T. R. Oke, E. Scott Krayenhoff (2013)*

Cause dell'Isola di calore urbana

- Differente riscaldamento/raffreddamento tra suoli urbani e rurali.
- Superfici urbane esposte alla radiazione solare: spesso con maggiore capacità e conduttività termica, minore albedo e maggiore emissività.
- Effetti geometrici che aumentano l'efficienza del riscaldamento radiativo diurno (Urban Canyon Effect), riducendo il raffreddamento radiativo notturno, e attenuano il vento.
- Formazione di uno strato d'inversione notturna che limita il rimescolamento turbolento.



L'isola di calore urbana di superficie: S-UHI

Temperatura superficiale ottenuta da misure satellitari nei canali infrarossi (skin temperature).

Utile per valutazioni energetiche, meno per gli effetti ambientali e sul comfort delle persone.

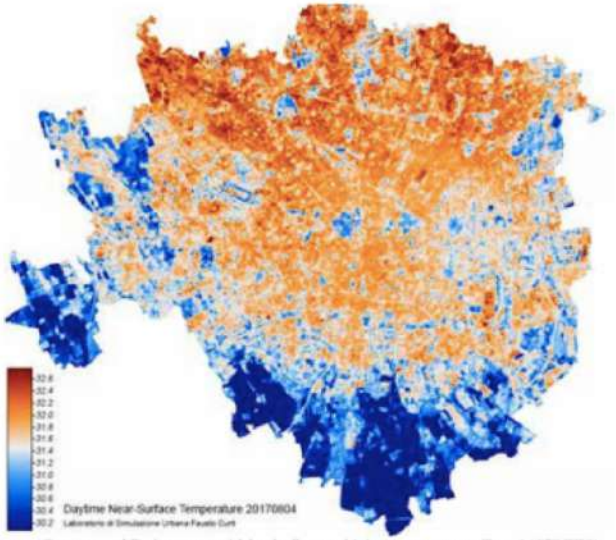


Figura 2 - Temperatura dell'aria a ca. 2 metri dal suolo alle 10:10 del giorno 04 agosto 2017 (Fonte: LABSIMURB).

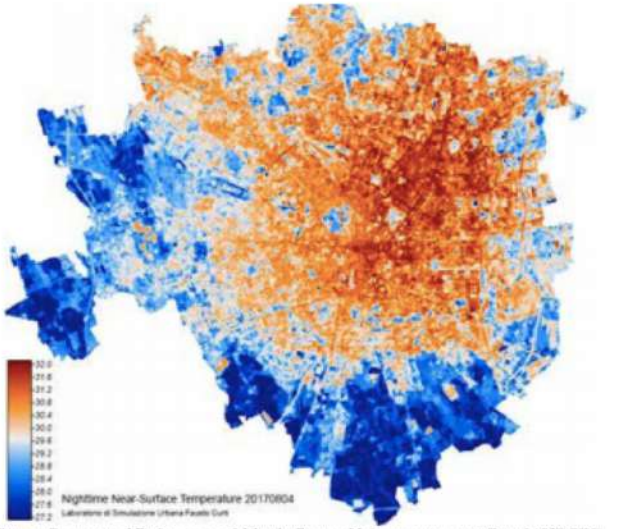


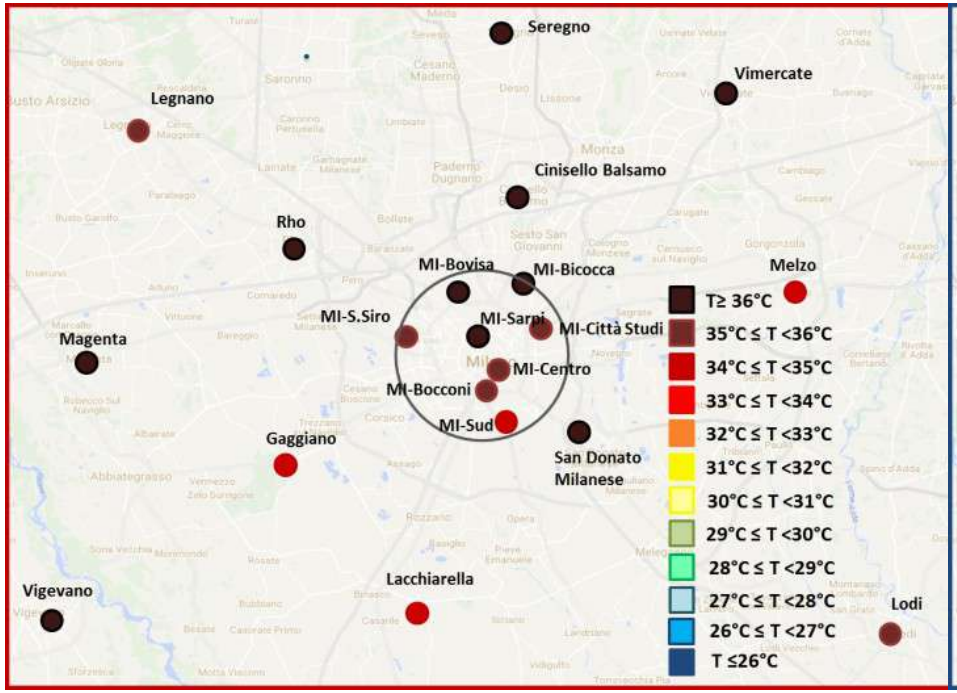
Figura 3 - Temperatura dell'aria a ca. 2 metri dal suolo alle 22:10 del giorno 04 agosto 2017 (Fonte: LABSIMURB).

Colaninno et al.: I dati satellitari per l'analisi del fenomeno isola di calore urbano e la valutazione di misure di mitigazione: il caso della Città di Milano, Special Issue - URBANISTICA INFORMAZIONI, 2018

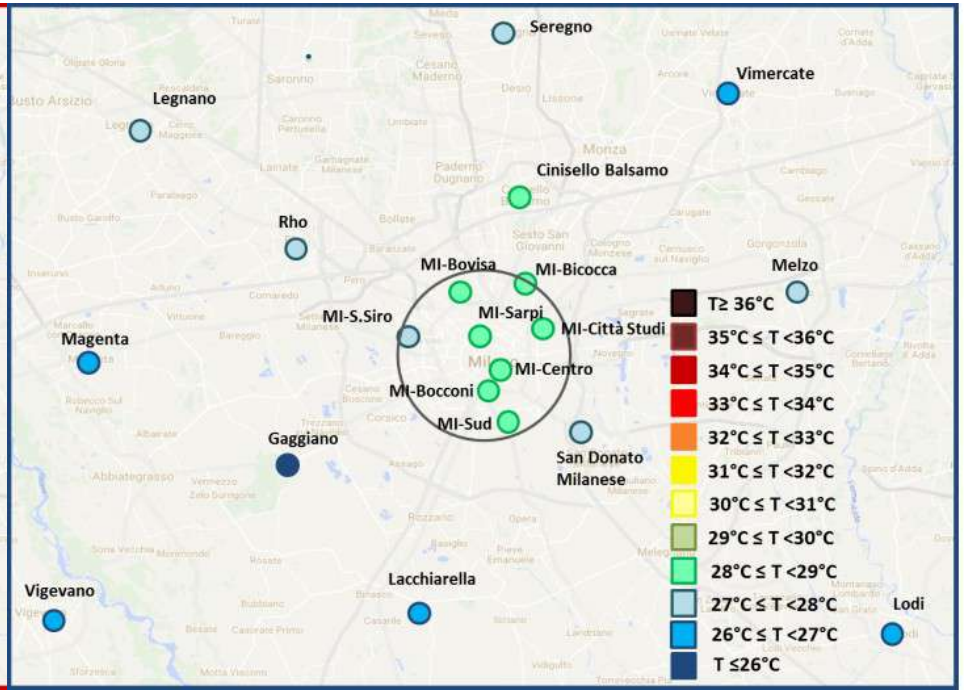
Osservazioni dell'Isola di calore alla sommità del Canopy a Milano (C-UHI)

Misure di temperatura delle rete urbana Climate Network® della Fondazione OMD

03 August 2017, 17:00-18:00



04 August 2017, 02:00-03:00



La rete urbana dell'Osservatorio Meteorologico Milano Duomo

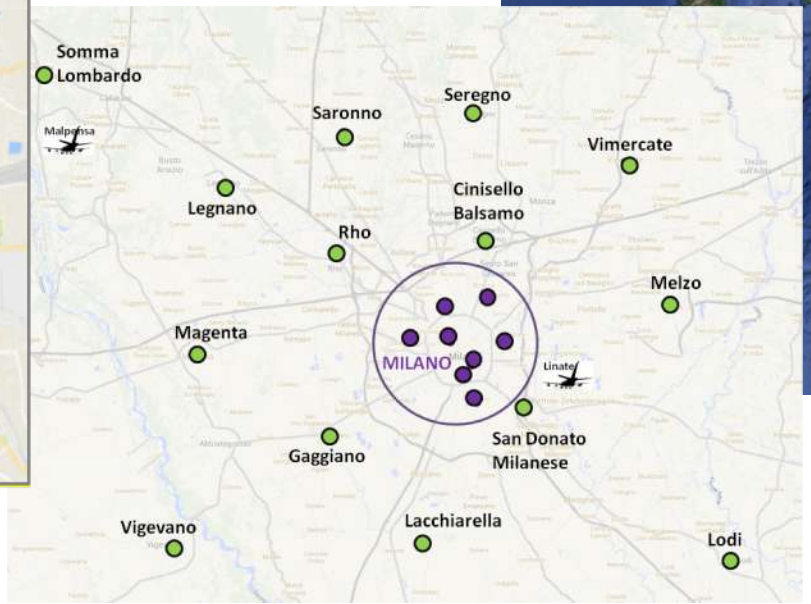
- Implementazione progressiva dal 2011
- 20 Automatic Weather Stations (WXT520) in Milano e nei centri urbani periferici
- Posizionamento delle stazioni ed esposizione dei sensori alla sommità del Urban Canopy Layer (Oke, IOM Report Nr. 81, 2004)
- Gestita e manutenuta con criteri «metrologici» (riferibilità agli standard nazionali, MeteoMet: Merlone et al., MST, 2017; Curci et al., MST, 2017)
- Metadata dettagliati ed estesi (Albedo, LCZ, etc.)
- Finalizzata a fornire servizi climatologici urbani
- Partecipazione a:

  - METEOMET I+II 2013-2019

  - CLIMAMI, 2019-2020

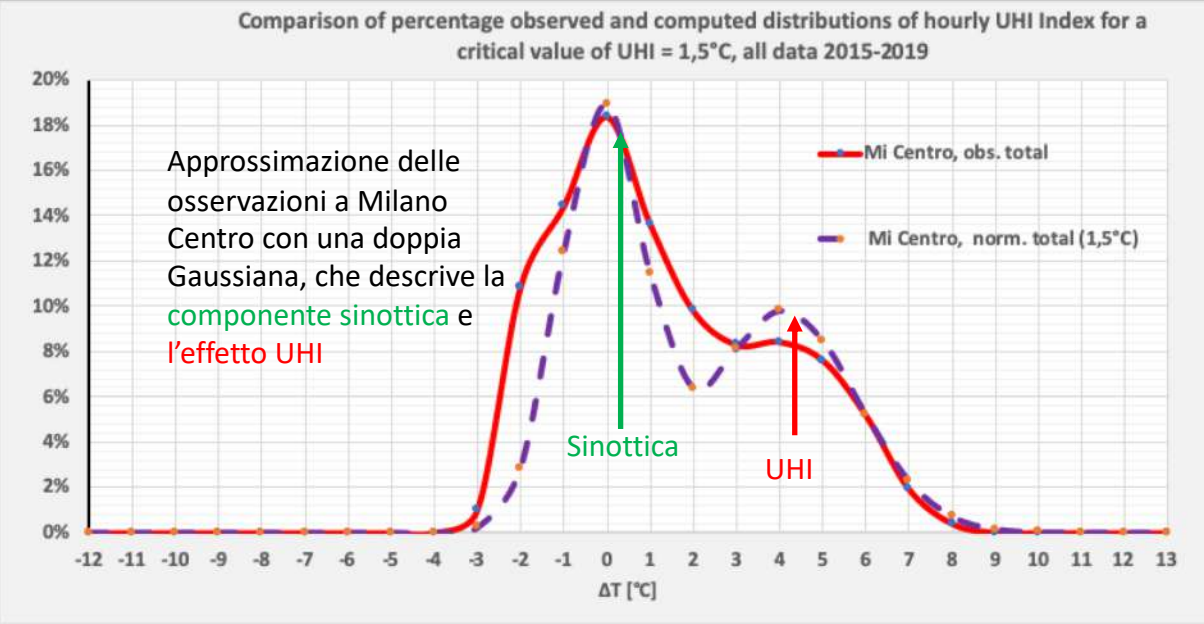
La rete urbana FOMD-Climate Network a Milano e dintorni e a livello nazionale

TESTO



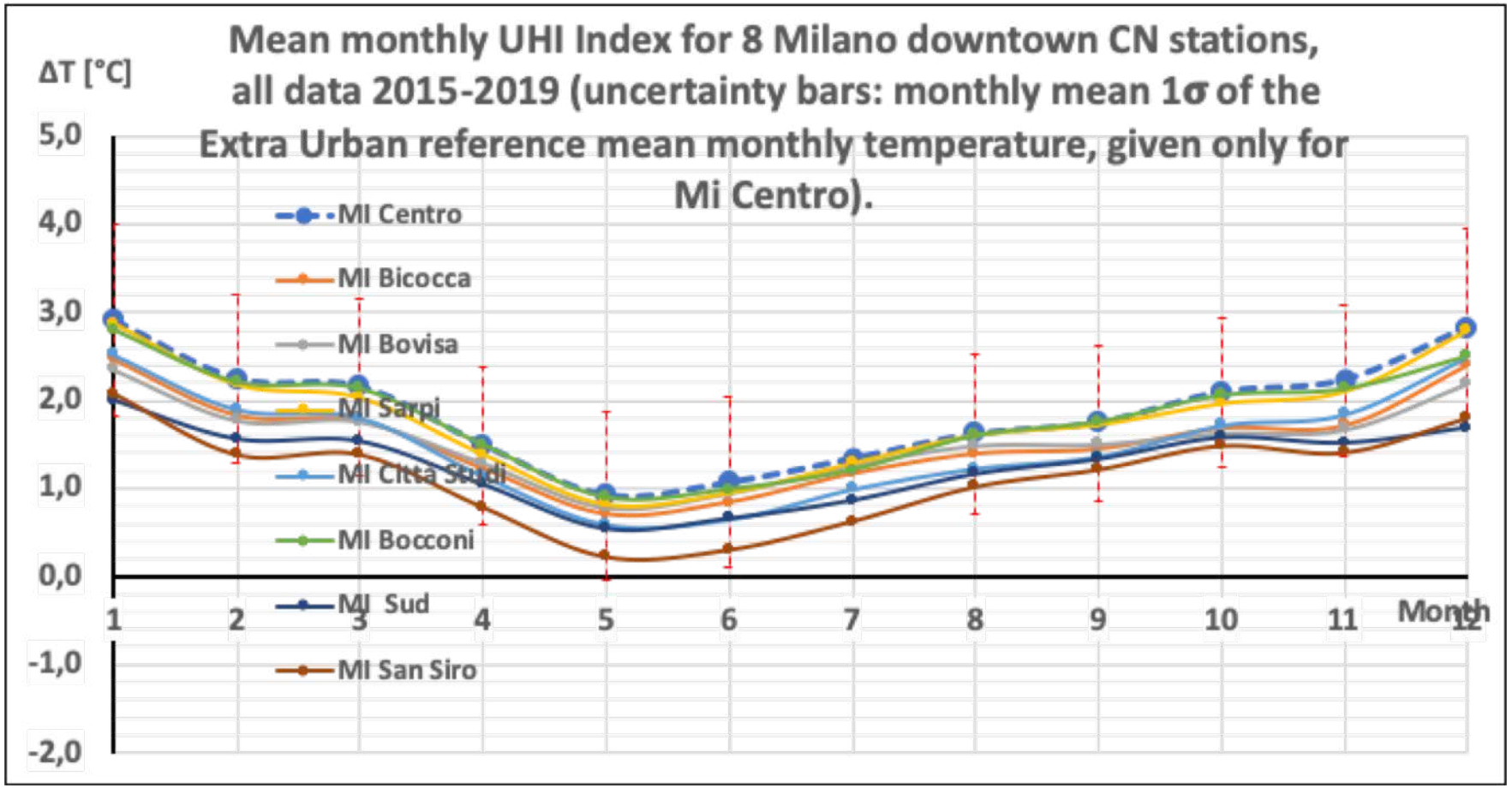
Climatologia dell'Isola di calore urbana nel Canopy di Milano

- Estate e inverno, con scarsa ventilazione e ridotta nuvolosità
- Più intensa durante la notte e d'inverno
- Ridotta umidità, evapo-traspirazione e ventilazione

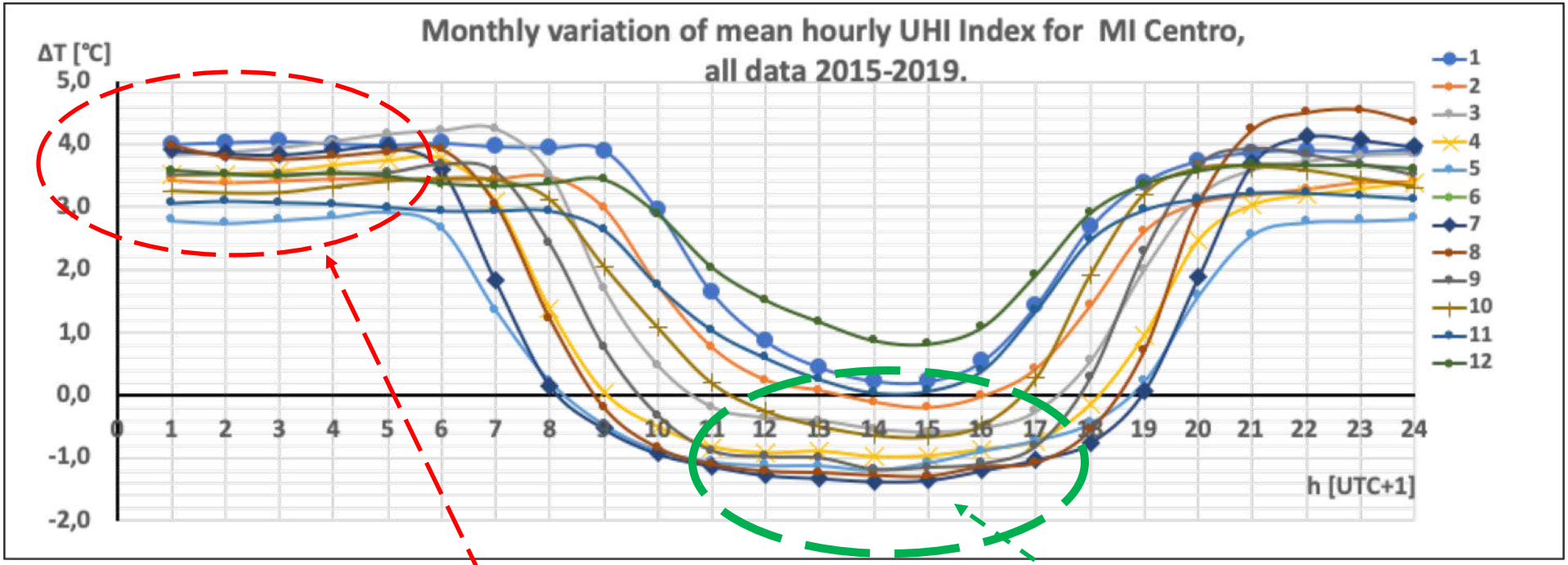


- Dipende dalla conformazione urbana e dalla localizzazione
- Riduce l'incidenza di nebbie
- Aumenta l'attività convettiva
- Induce una debole circolazione ciclonica

Comportamento stagionale della C-UHI di Milano

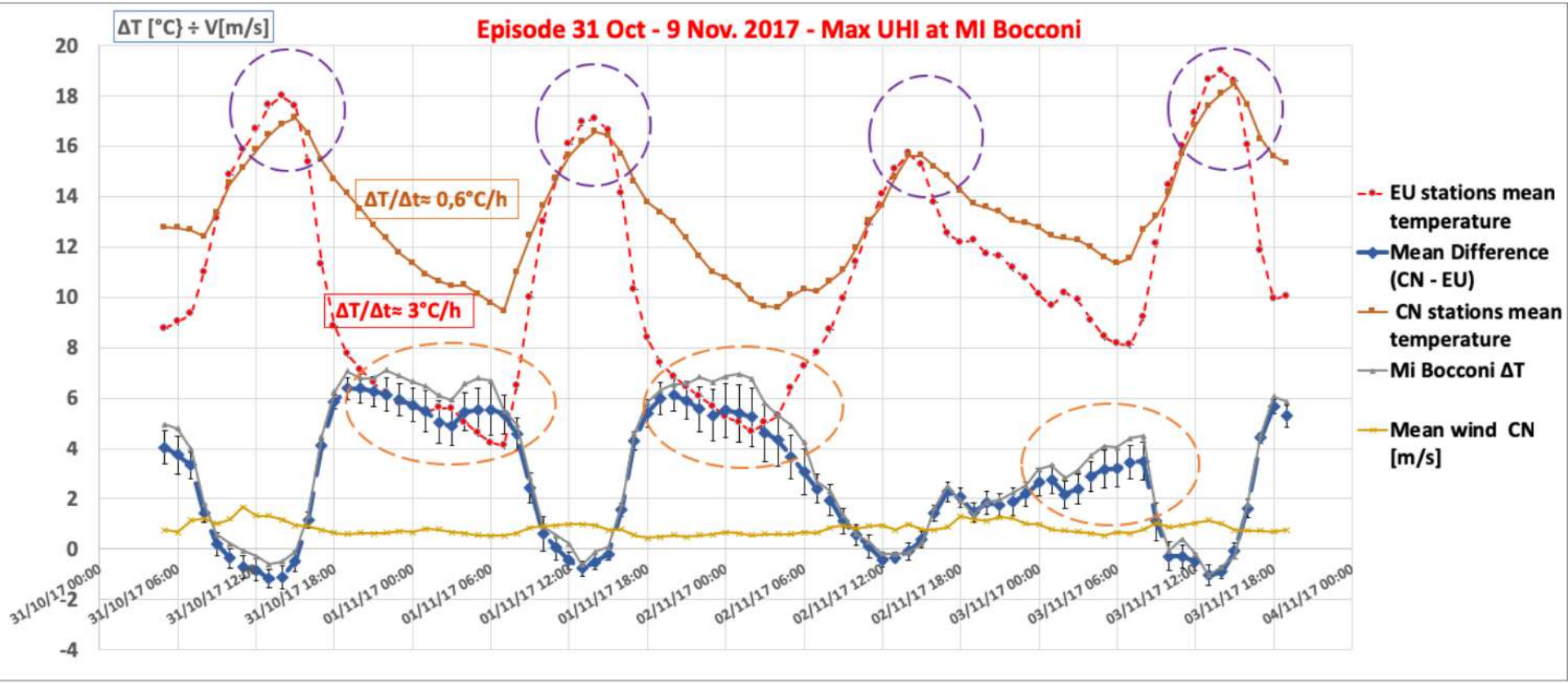


Comportamento giornaliero della C-UHI di Milano



NB: L'indice dell'Isola di Calore è spesso leggermente negativo di giorno e d'estate

Un episodio di Isola di Calore a Milano



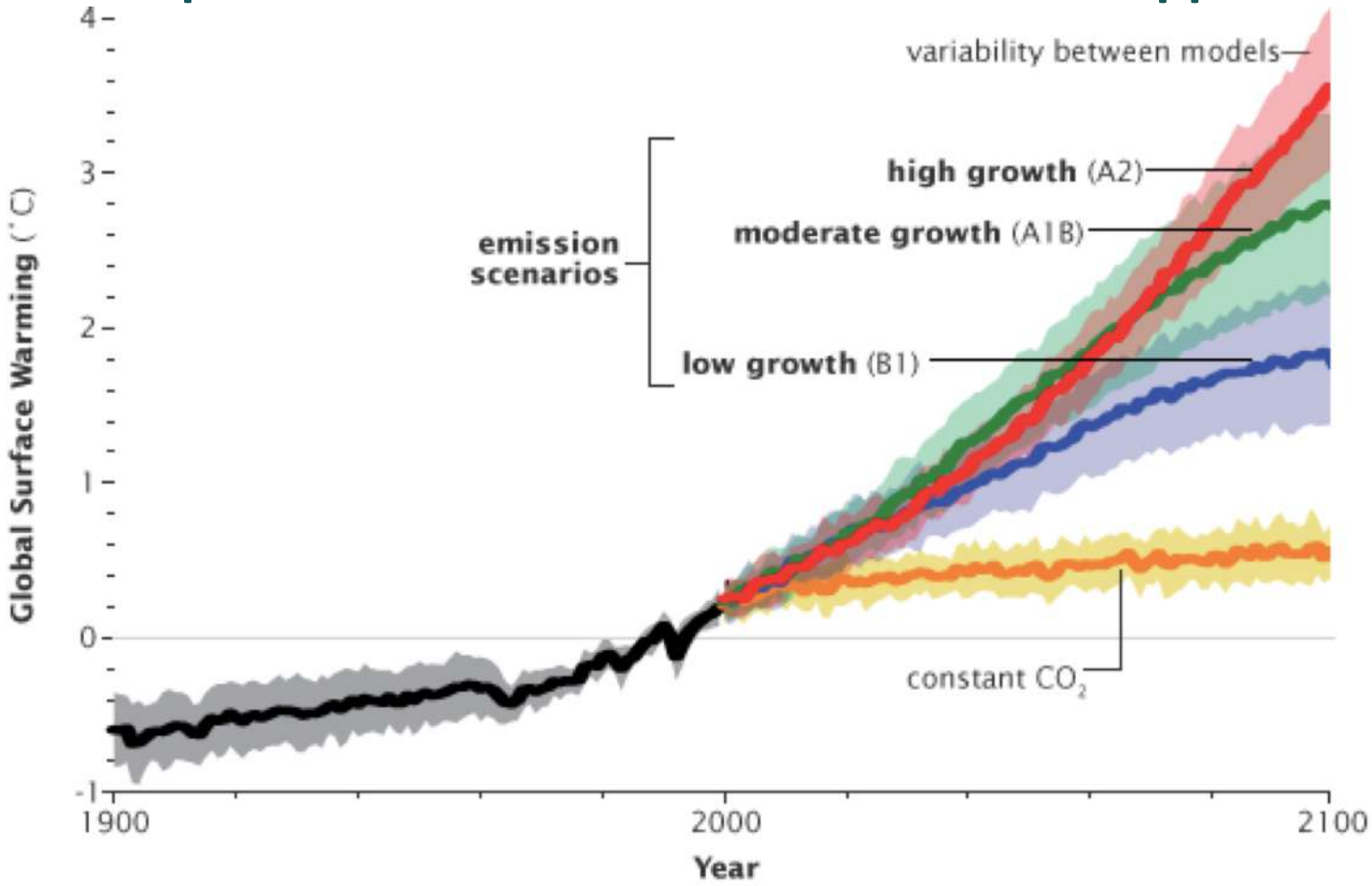
L'insorgere dell'isola di calore è dovuta alla differente velocità di raffreddamento tra città e campagna circostante

Terze conclusioni

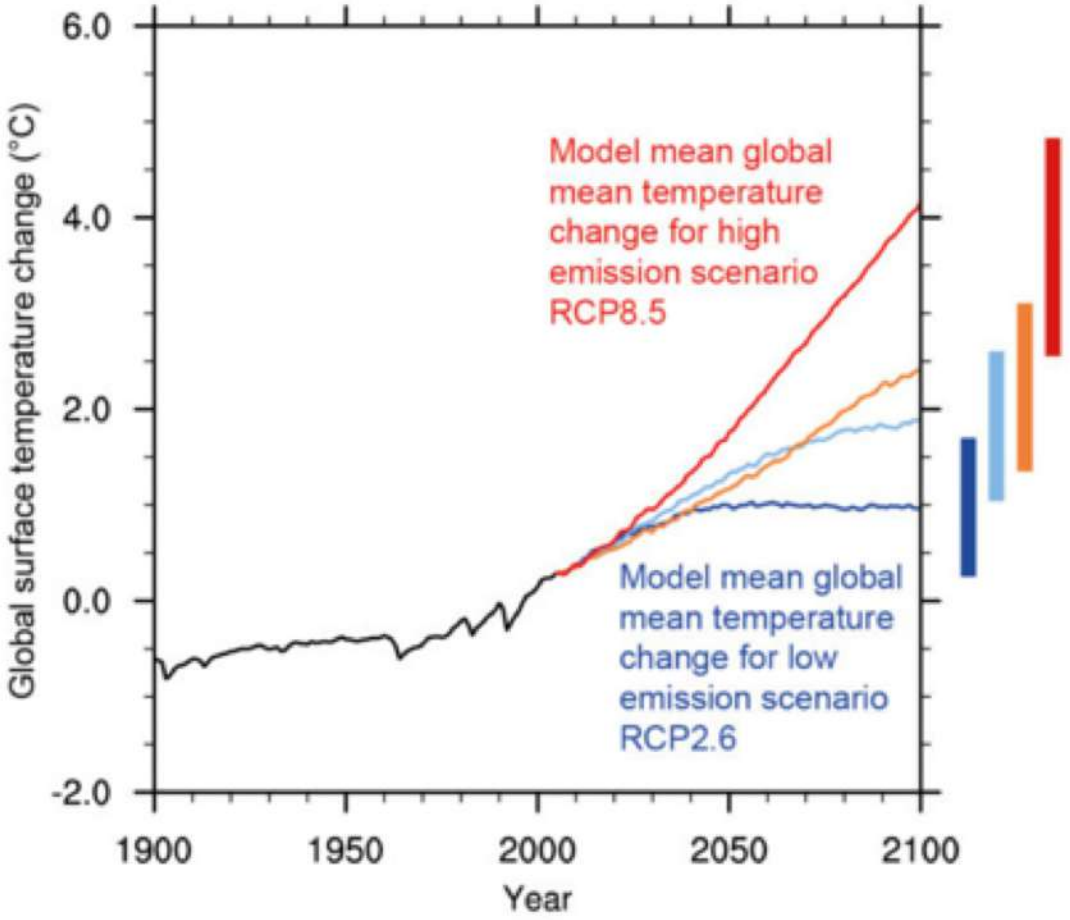
- Milano sviluppa un'importante Isola di Calore nel Canopy urbano
- Questa varia in maniera sensibile con l'ora e la stagione
- L'indice UHI a un valore medio annuo di 4,5°C
- Il suo valore istantaneo massimo è superiore a 10°C
- La posizione del massimo varia in funzione del vento a mesoscala

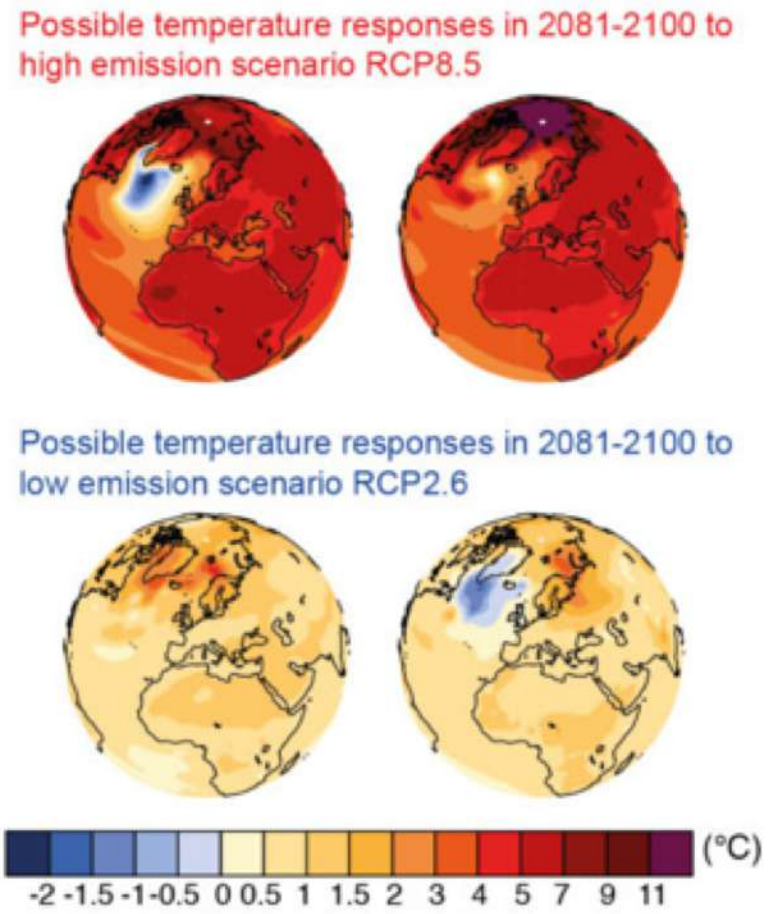
  - Attenzione: L'effetto Isola di Calore può aggravare le Ondate di Calore

Riscaldamento globale osservato e previsto secondo diversi scenari di sviluppo



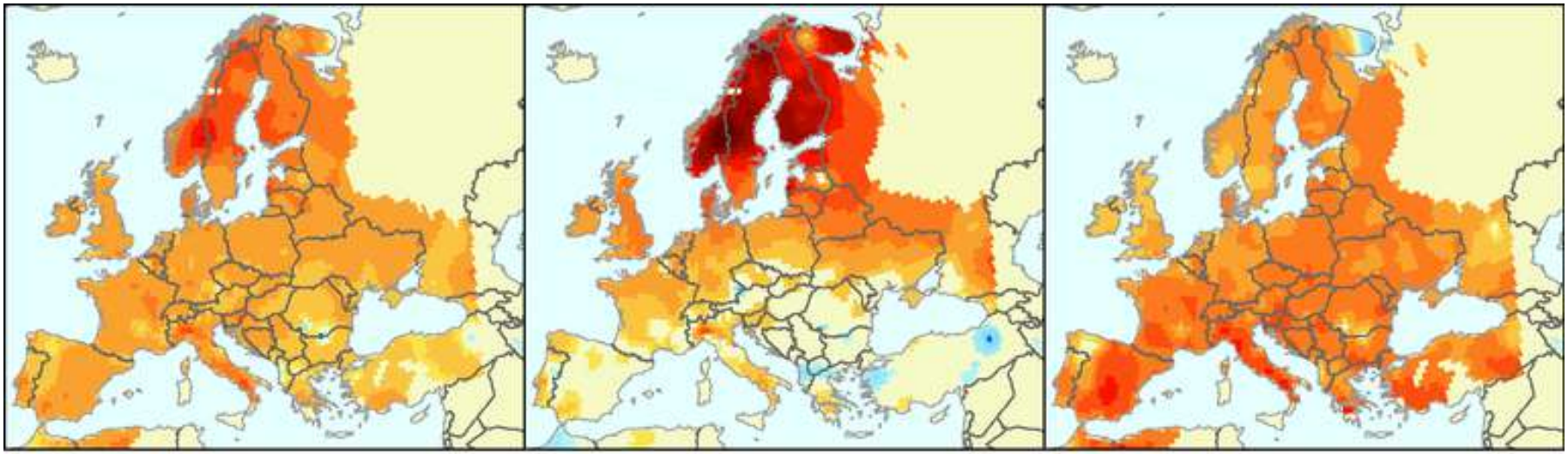
Scenari di aumento delle temperature e distribuzione geografica





Cambiamenti climatici osservati in Europa

TESTO

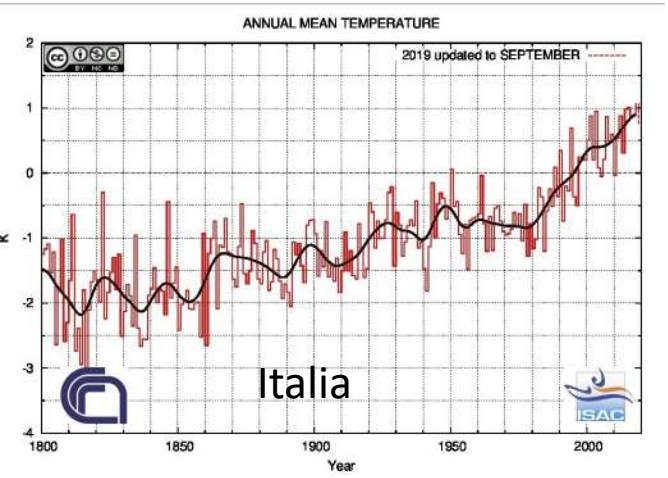


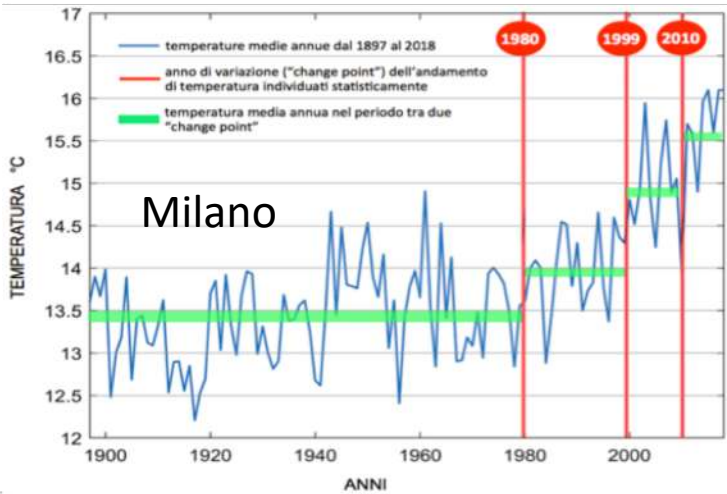
Observed temperature change over Europe during the period 1976–2006
Left: annual mean; middle: winter (DJF); right: summer (JJA)

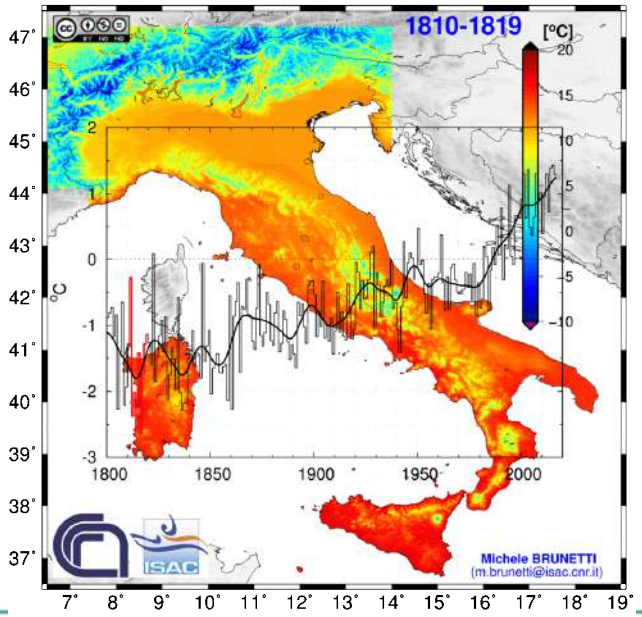
°C per decade

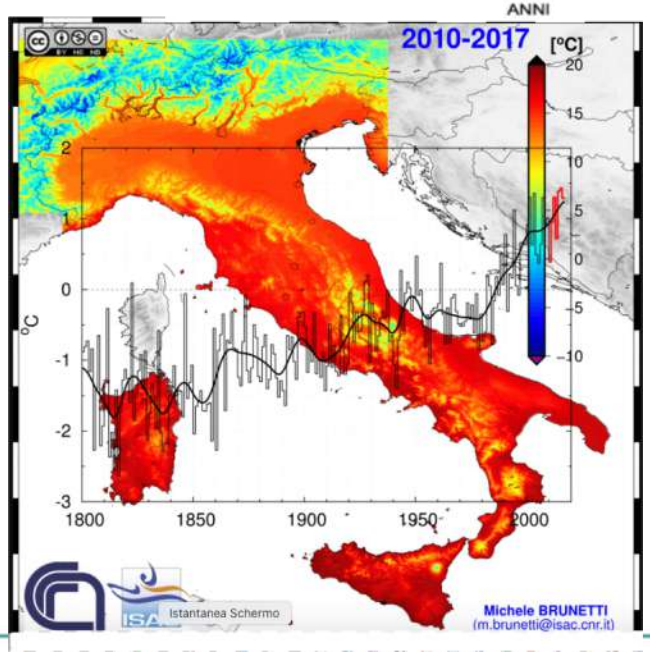
−2 −1.8 −1.6 −1.4 −1.2 −1 −0.8 −0.6 −0.4 −0.2 0 0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4 1.6 1.8 2

Trend osservato della temperatura sull'Italia e su Milano



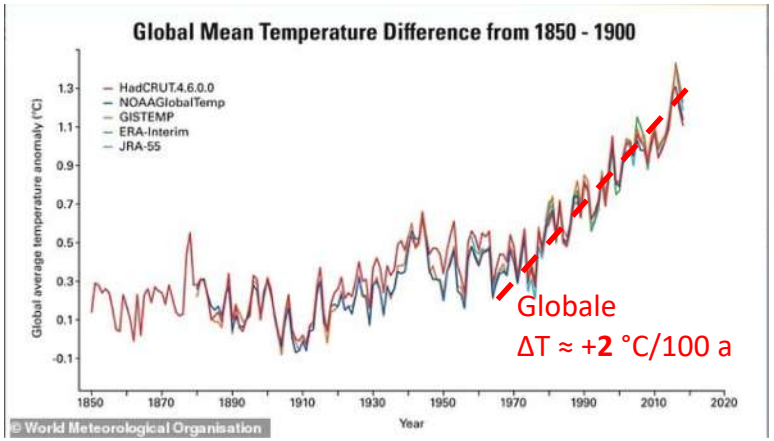


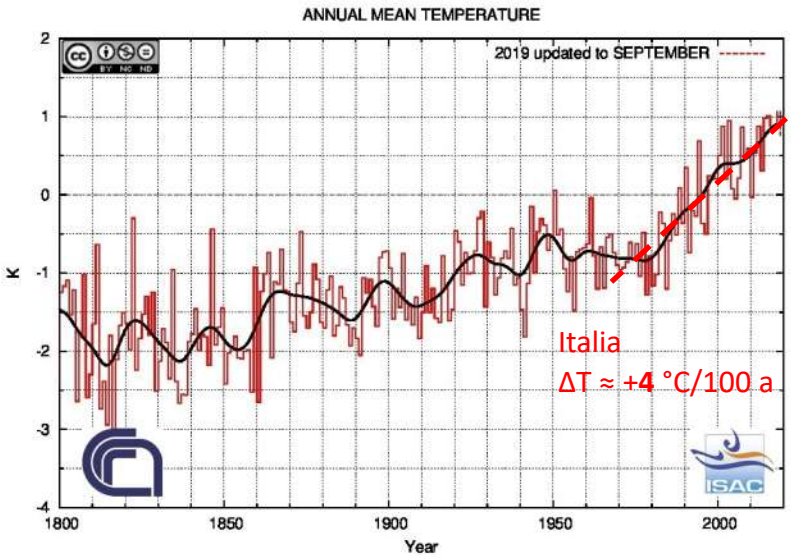




Lunghe serie di osservazioni per monitorare il clima

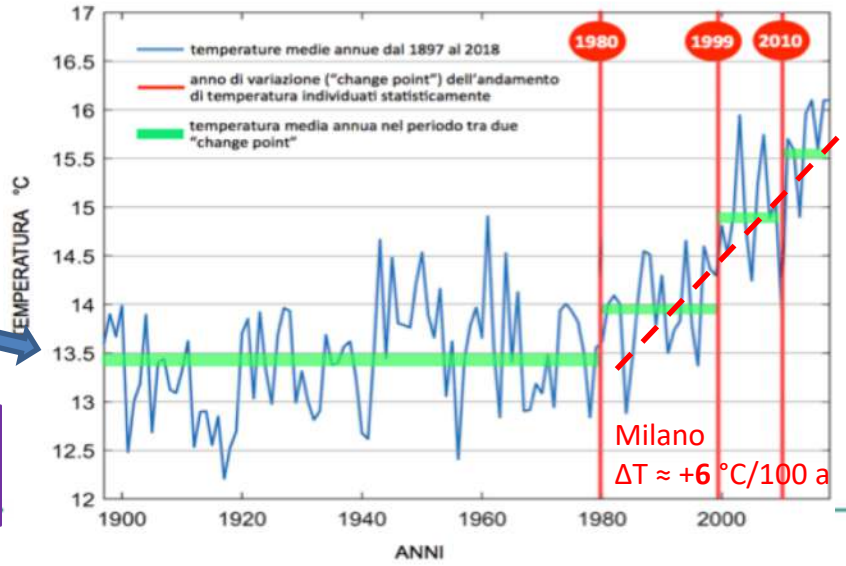
A causa della grande variabilità interannuale del tempo, per caratterizzare il clima servono medie di lungo periodo





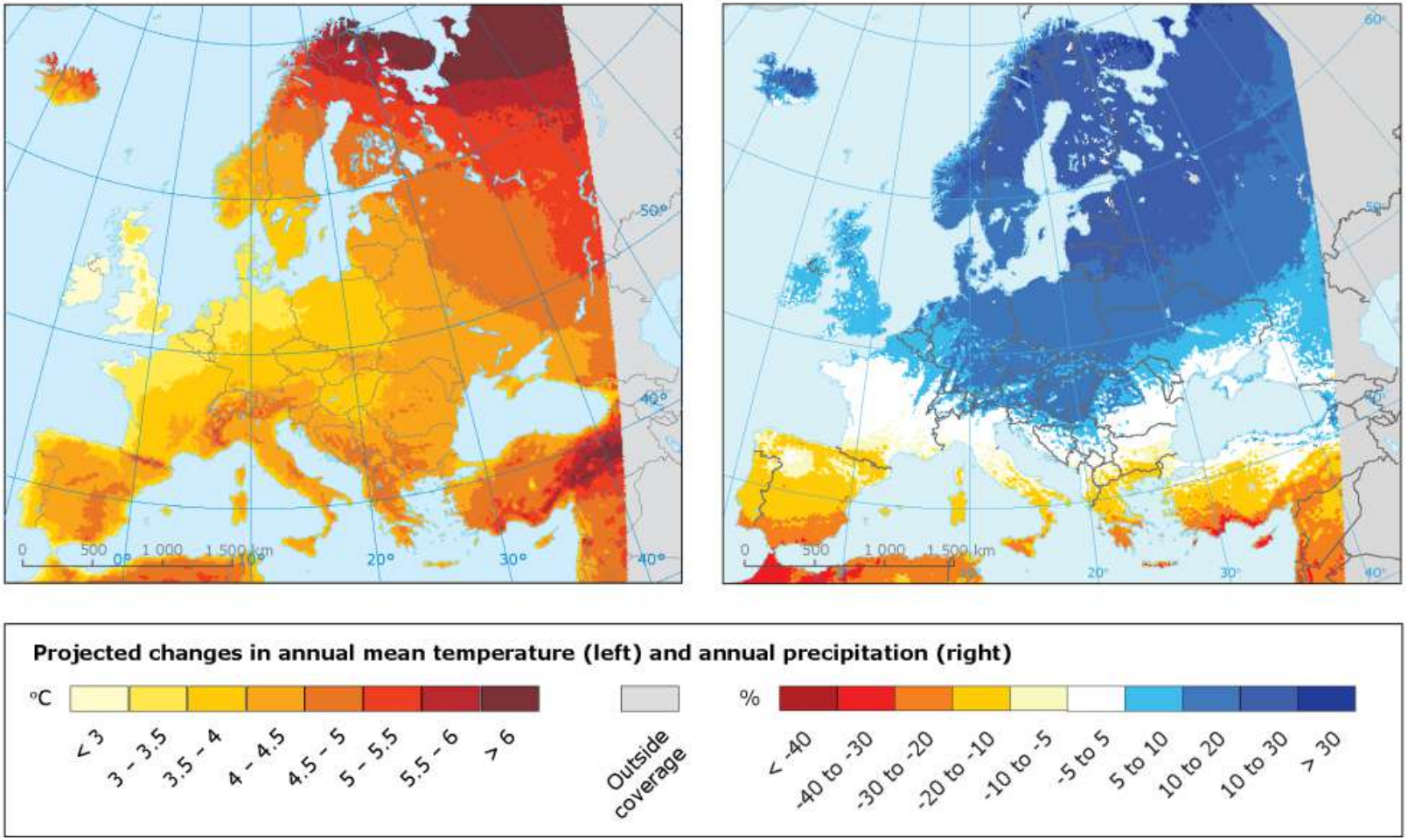
Per la definizione del clima si fa riferimento a medie trentennali (WMO, **CLINO**):

1961-1990
1971-2000
1981-2010
1991-2020
.....



Ma il clima cambia in fretta, servono dati recenti!

Previsioni di temperatura Euro-CORDEX (downscaling)



IPCC Special Report on Global Warming of 1.5 ºC (SR1.5-2018)

A mix of mitigation and adaptation options implemented in a participatory and integrated manner can enable rapid, systemic transitions in urban and rural areas that are necessary elements of an accelerated transition to 1.5°C worlds.

Such options and changes are most effective when aligned with economic and sustainable development, and when local and regional governments are supported by national governments.

Any increase in global warming (e.g., > + 0.5°C) will affect human health (high confidence). Risks will be lower at 1.5°C than at 2°C for heat-related morbidity and mortality (very high confidence), particularly in urban areas because of urban heat islands (high confidence).

IPCC Land – Report 2019

Both global warming and urbanisation can enhance warming in cities and their surroundings (heat island effect), especially during heat related events, including heat waves (high confidence).

Night-time temperatures are more affected by this effect than daytime temperatures (high confidence).

Increased urbanisation can also intensify extreme rainfall events over the city or downwind of urban areas (medium confidence).

Riepilogo e …

- Scale spaziali e temporali: tempo e clima
- Osservazioni e previsioni
- Gli strumenti e i metodi di misura
- Le Serie storiche e i Data Base meteorologici
- L'ambito urbano e l'Isola di Calore
- I cambiamenti climatici e le conseguenze in città

… conclusioni finali

Uso consapevole dell'informazione meteorologica
Variabilità del tempo e cambiamento climatico
Cambiamenti climatici e variazioni urbanistiche

Grazie per l'attenzione!

DOMANDE?