Conferenza sull'adattamento climatico in ambito urbano

Climate change cities_*Conference on climate adaptation in urban areas*

IL CLIMA CAMBIA LE CITTÀ

Contributo dell'Osservatorio Meteorologico di Milano Duomo (OMD) e di Climate Consulting S.r.l.

In collaborazione con Legambiente ONLUS

OMD
Osservatorio Meteorologico di Milano Duomo

Climate Consulting s.r.l.

LEGAMBIENTE

Conferenza sull'adattamento climatico in ambito urbano

Il Clima Cambia le Città

GRUPPO DI LAVORO

Contributo dell'Osservatorio Meteorologico di Milano Duomo (OMD)[a] e di Climate Consulting S.r.l.[b]

Sergio Borghi[a], Pamela Turchiarulo[b], Samantha Pilati[b], Chiara Paganelli[b], Cristina Lavecchia[b]

"... è manifesto per isperienza, e per ragioni naturali, che la civiltà degli uomini venendo innanzi, rende l'aria, ne' paesi abitati da essi, di giorno in giorno più mite".

Giacomo Leopardi (1798-1837), *Pensieri* (XXXIX)

"Hiver: toujours ecceptionnel
Été : toujours ecceptionnel"

Gustave Flaubert (1821-1880), *Dictionnaire des idées reçues"*

Introduzione

La variabilità del clima è uno degli aspetti del global change che più frequentemente sono trattati sui mass media e che formano poi oggetto di convincimenti da parte dei cittadini. Effetto serra e buco dell'ozono sono ormai termini comuni nel bagaglio delle conoscenze ambientali di ognuno e ad essi vengono sistematicamente associate dall'opinione pubblica le "anomalie stagionali" in atto.
Le onde di calore estive, il gelo invernale, le alluvioni, gli episodi di siccità ed altri fenomeni meteorologici estremi difficilmente sfuggono al sospetto di una *climatic connection*.
L'ipotesi di *global warming* non può essere però verificata utilizzando acriticamente le serie storiche di temperature rilevate nei centri storici delle città, dal momento che processi di progressiva urbanizzazione comportano in maniera circoscritta aumenti nei consumi energetici per cause demografiche, incrementi di temperatura dell'aria indotti dai sistemi di riscaldamento e di climatizzazione degli ambienti, influenze sul bilancio sia termico che radiativo da parte del traffico veicolare e più in generale da parte dello stesso tessuto urbano. In particolare, la formazione dell'isola di calore urbana è un fenomeno ben noto; esso si manifesta specialmente in condizioni di tempo stabile, con nuvolosità e ventilazione scarse, ed è presente in maggior misura nelle città estese e densamente edificate.
I rapporti di Legambiente sul clima urbano stanno prendendo corpo in piena sintonia con i temi di discussione proposti dal WMO (World Meteorological Organization, Organizzazione Meteorologica Mondiale) per celebrare ogni anno la propria istituzione come agenzia delle Nazioni Unite. Tale celebrazione avviene ogni anno il 23 marzo, in occasione della Giornata Meteorologica Mondiale.
Il rapporto di Legambiente del 2007 "Città: il clima è già cambiato" era già una presa di coscienza e in parte una risposta ai due temi del WMO del 2005 e del 2006, che così recitavano: "Weather, climate, water and sustainable development (2005)" e "Preventing and mitigating natural disasters (2006)". Dopo aver fornito in quella occasione la propria collaborazione l'OMD ha collaborato molto volentieri anche alla realizzazione di questo rapporto, che anche in questa occasione rappresenta una risposta - non certo esaustiva ma ricca e stimolante - ai due più recenti temi della Giornata Meteorologica Mondiale: "Powering our future with weather, climate and water (2012)" ; "Watching the weather to protect life and property (2013)".
Nell'obiettivo di poter effettuare elaborazioni di carattere statistico a fini climatologici, il WMO raccomanda la raccolta dei dati meteorologici per periodi di 30 anni. Il clima ufficiale di riferimento attuale è ancora prevalentemente quello dedotto dai valori raccolti nel trentennio 1961 - 1990. Questo tipo di adozione sarebbe garanzia di rappresentatività nel corso del tempo se il clima fosse costante. Ma il clima non è mai stato costante. Nel corso delle ere geologiche si è sempre evoluto, a volte lentamente a volte bruscamente. Oggi, anche soltanto riferendoci alla temperatura media dell'atmosfera misurata alla superficie della Terra, osserviamo una deriva nel valore delle misure, indice di una variabilità climatica in atto. Il trentennio ufficiale è perciò ormai lontano dal presente ed il confronto con esso dei dati che quotidianamente registriamo fa spesso sembrare eccezionali situazioni che più semplicemente appartengono ad un clima diverso da quello definito con i 30 anni di osservazioni di riferimento. Ecco perché, sempre più frequentemente, si fa operativamente uso di un nuovo trentennio di riferimento, quello che va dall'anno 1971 al 2000, più vicino al presente e dunque più rappresentativo per spiegare dati e condizioni con cui sempre più spesso capita di doverci confrontare.
Il contributo dell'OMD si articola sull'analisi del clima di alcune tra le più importanti città italiane, estendendo lo studio delle serie storiche di rilevazioni meteorologiche già iniziato in occasione della precedente collaborazione.

2. Analisi delle serie storiche di temperatura delle aree urbane italiane campione

Lo studio del campo termico sulle nove città italiane già considerate nel rapporto del 2007 è stato esteso ad un arco temporale maggiore che, partendo sempre dal 1961, si spinge fino al 2012. In tal modo è stato possibile confrontare l'andamento delle temperature delle nove città durante gli anni più recenti sia con il trentennio CLINO (CLImatic NOrmals) 1961-1990, sia con quello del trentennio spostato di dieci anni, ormai spesso in uso, il CLINO 1971-2000.
Quando un'area urbana risulta sufficientemente estesa, in condizioni di tempo stabile (ventilazione debole e nuvolosità scarsa) tende a crearsi la cosiddetta "isola di calore", vera e propria bolla d'aria calda che sovrasta la città e che in prossimità della superficie si manifesta con una forte differenza tra la temperatura dell'aria della parte centrale della città e quella della lontana periferia. Le caratteristiche del fenomeno dipendono dal tipo di urbanizzazione (maggiore o minore presenza di aree verdi, tipi di pavimentazione stradale, diverse coperture degli edifici, ecc.). Quando invece il tempo è perturbato, la sufficiente ventilazione o, in certa misura le precipitazioni, rendono più uniforme il campo termico, per cui l'isola di calore tende a distruggersi.
Lunghe serie storiche di rilevamenti possono servire per comprendere le principali caratteristiche dell'isola di calore di una città. In primo luogo può essere utile un approccio climatologico, esaminando la variabilità delle condizioni termiche locali, ad esempio tra il centro urbano e la lontana periferia.
Le nove città considerate sono le stesse del rapporto del 2007, e specificamente: Torino, Milano, Trieste, Bologna, Firenze, Roma, Napoli, Bari e Palermo.
In corrispondenza, come siti extraurbani, si sono presi in considerazione i rispettivi aeroporti: Torino Caselle, Milano Linate, Trieste Ronchi dei Legionari, Bologna Borgo Panigale, Firenze Peretola, Roma Ciampino, Napoli Capodichino, Bari Palese e Palermo Punta Raisi.
Il confronto dei dati di temperatura media annua delle nove città e dei nove corrispondenti siti aeroportuali è stato effettuato relazionando i valori medi degli ultimi 12 anni (dal 2001 al 2012 compresi) con le medie trentennali CLINO 1961-1990 e 1971-2000.
I risultati di tali confronti sono riportati nelle tabelle e nelle figure seguenti.

2.1. Città

Tabella 1 – *Temperature medie annuali (in °C) rilevate negli ultimi 12 anni (2001-2012) per le 9 città considerate. Confronto con i valori di riferimento del trentennio 1961-1990 e del trentennio 1971-2000.*

Periodo	Torino	Milano	Trieste	Bologna	Firenze	Roma	Napoli	Bari	Palermo
1961-1990	13.3	13.6	14.2	13.8	15.0	16.1	17.9	16.9	18.0
1971-2000	13.5	13.8	14.3	14.3	15.3	16.3	18.0	16.9	18.2
2001-2012	13.7	15.0	15.0	15.0	15.5	16.8	18.1	17.7	19.0

Tabella 2 – *Per le 9 città considerate differenze (in °C) tra le temperature medie annue calcolate per gli ultimi 12 anni (2001-2012) ed i valori di riferimento del trentennio 1961-1990 e del trentennio 1971-2000.*

Periodo	Torino	Milano	Trieste	Bologna	Firenze	Roma	Napoli	Bari	Palermo
(2001-2012)-(1961-1990)	0.4	1.4	0.8	1.1	0.5	0.7	0.2	0.9	1.0
(2001-2012)-(1971-2000)	0.2	1.2	0.7	0.6	0.2	0.5	0.1	0.9	0.8

I dati di Firenze nelle Tab. 1 e 2 sono stati ottenuti considerando i dati medi di temperatura media annua rilevati dal Servizio Idrografico fino al 2006 e presso l'Osservatorio Ximeniano di Firenze per il restante periodo.

Nella Fig. 1 gli stessi dati sono presentati in forma grafica.

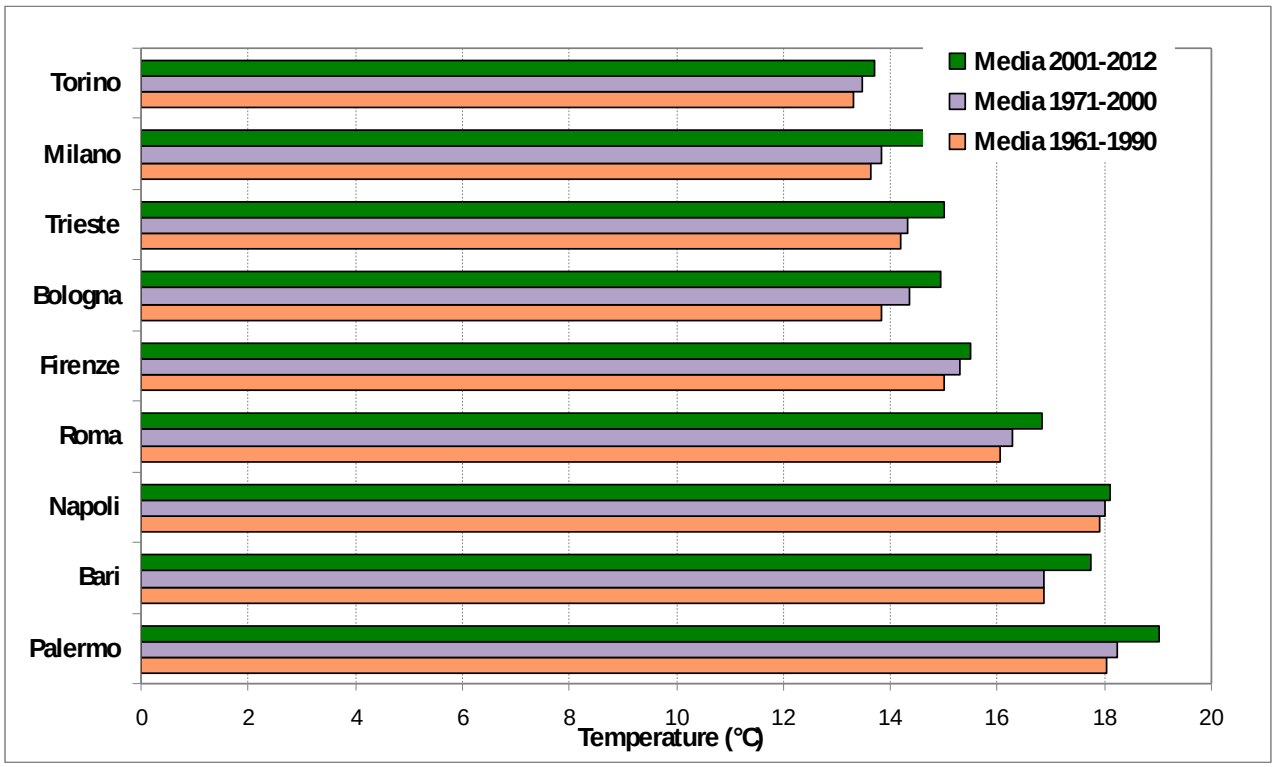


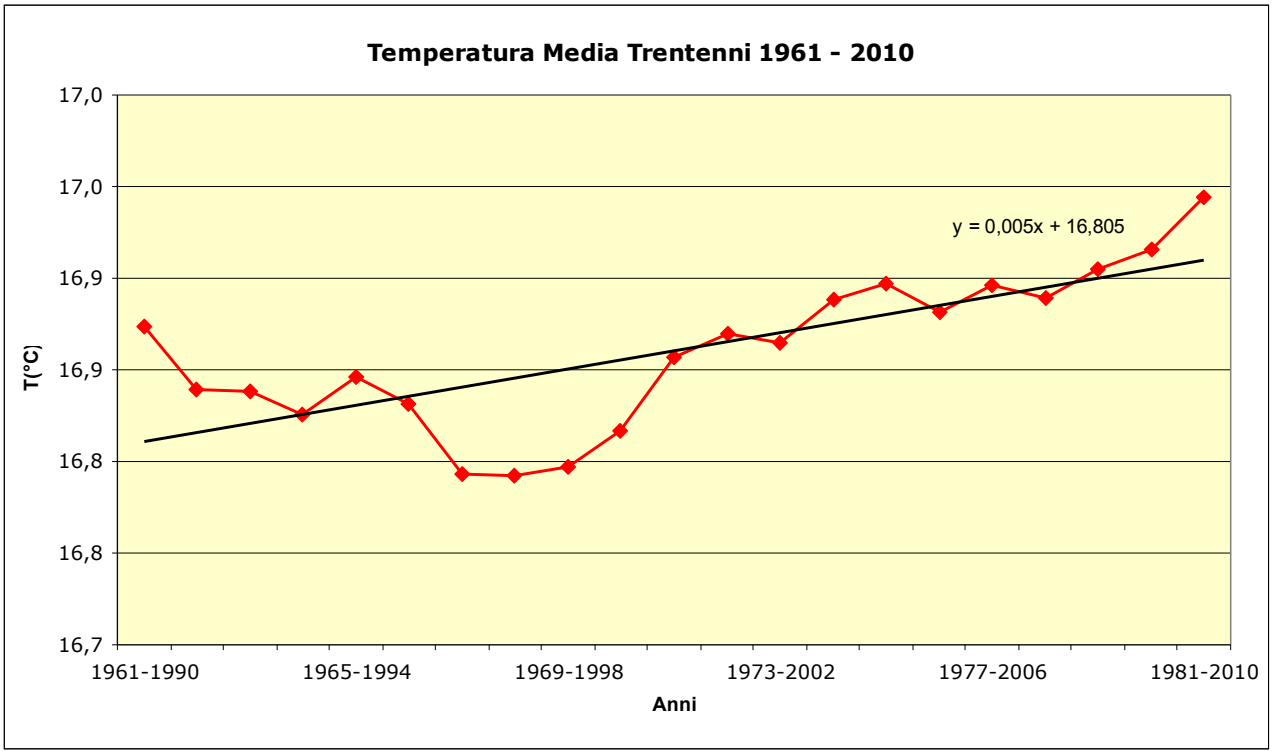
Figura 1 - *Dati di temperatura media annua delle città indicate calcolati per i periodi 2001-2012, 1971-2000 e 1961-1990, posti a confronto.*

Da quanto sopra esposto si nota una chiara tendenza all'incremento delle temperature medie per tutte le città considerate, con aumenti più significativi per la città di Milano.

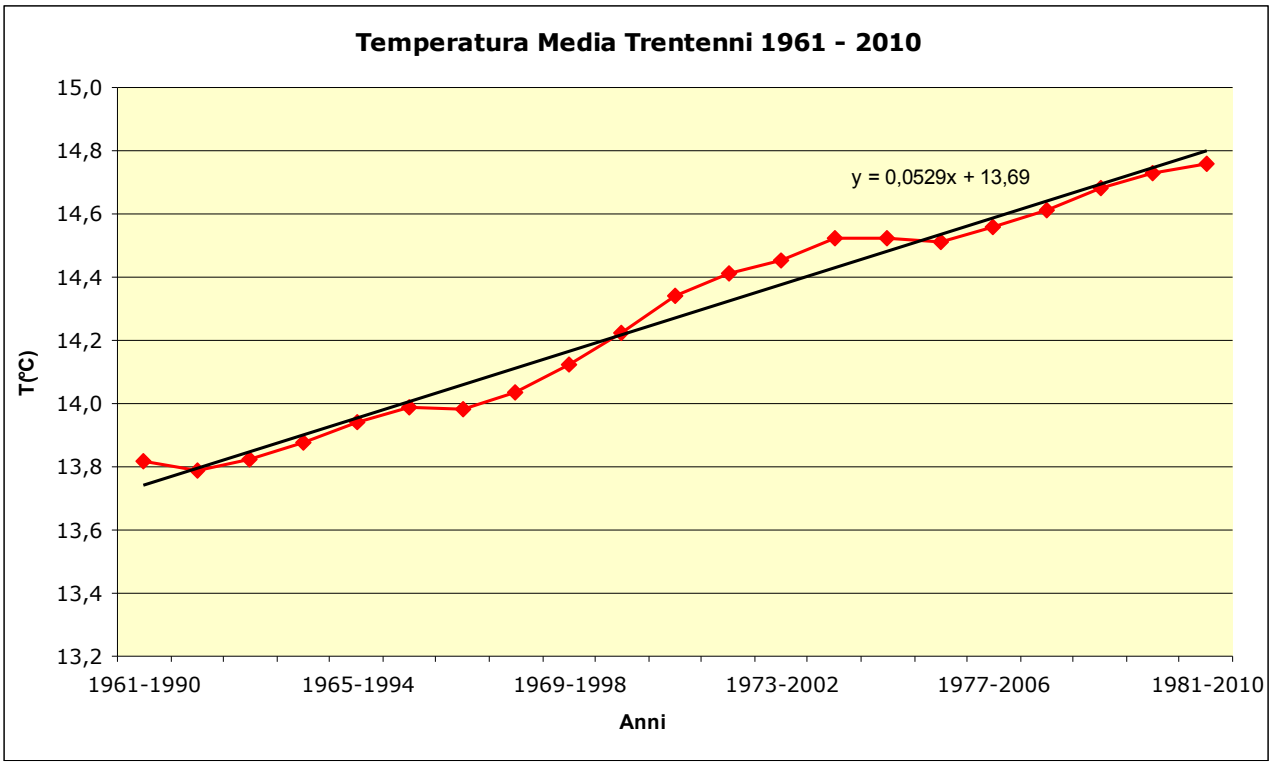
2.1.1. Media mobile trentennale della temperatura media annua nel periodo 1961-2010 per le città considerate

Per avere una ancor più evidente percezione di come il clima cambi nel tempo, nella seguente analisi, si è proceduto ad operare un calcolo della media mobile dei trentenni compresi tra il 1961 ed il 2010. Ogni valore rappresenta la media dei valori medi annui di temperatura dei 30 anni precedenti. Il primo termine della serie viene ad essere dunque la media dei valori del trentennio 1961-1990, il successivo del trentennio 1962-1991 e così via fino all'ultimo elemento della serie, che costituisce la media del trentennio 1981-2010.
Mettendo in relazione i valori medi trentennali così ottenuti con il tempo si può osservare che per tutte le città prese in considerazione (Bari, Bologna, Firenze, Milano, Napoli, Palermo, Roma, Torino e Trieste) la temperatura media trentennale ha un trend in crescita, come risulta dalle figure seguenti.

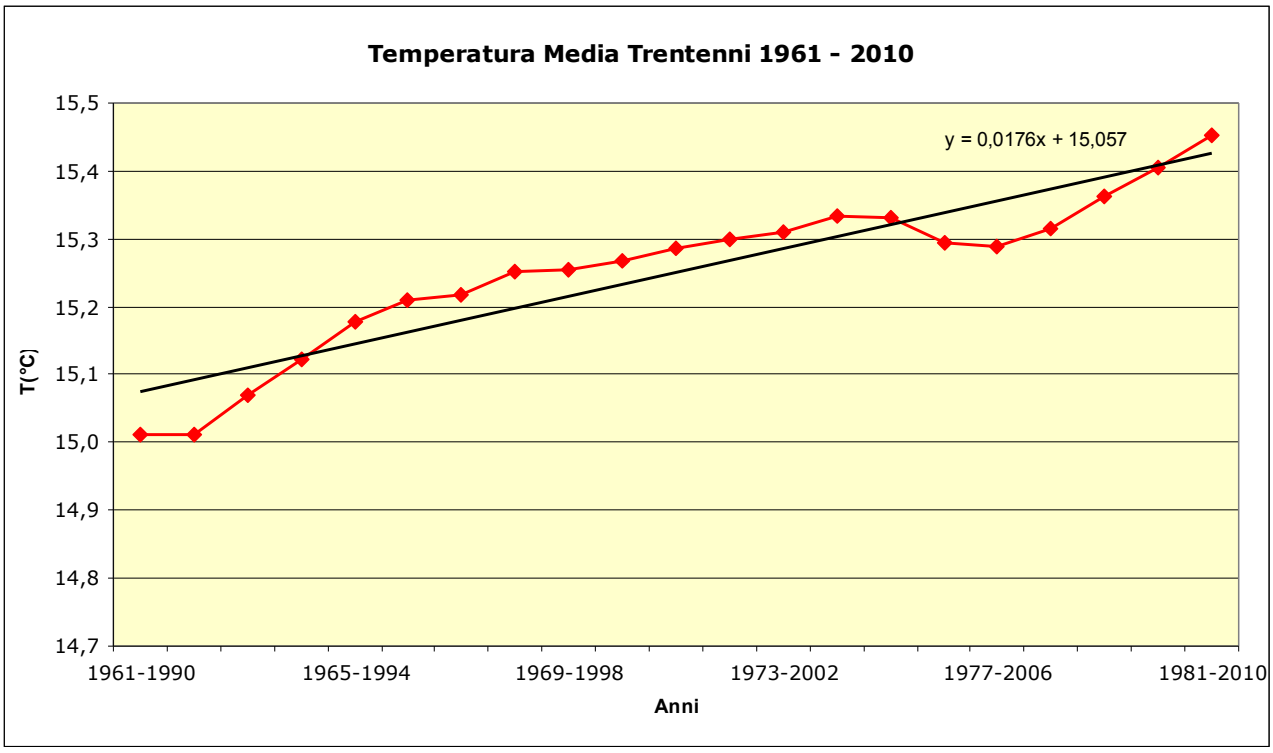
BARI



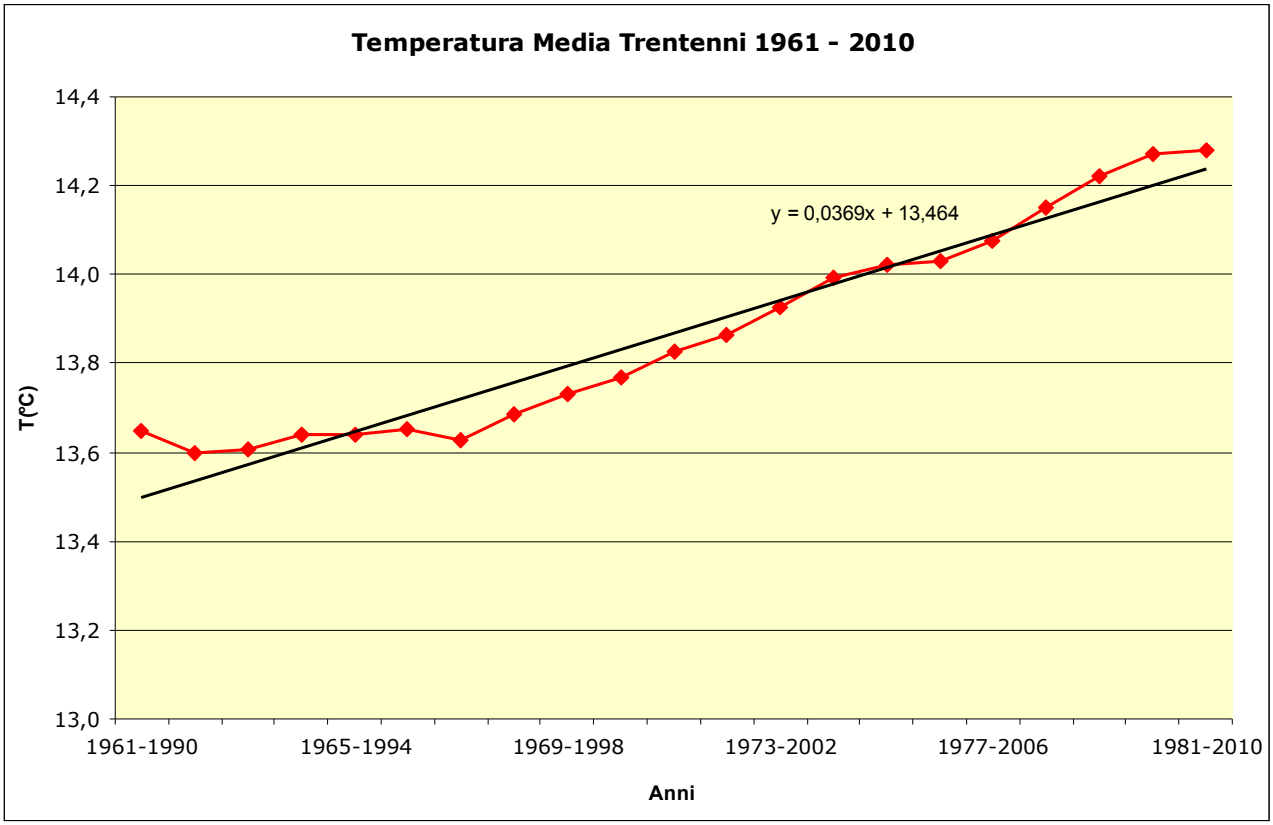
BOLOGNA



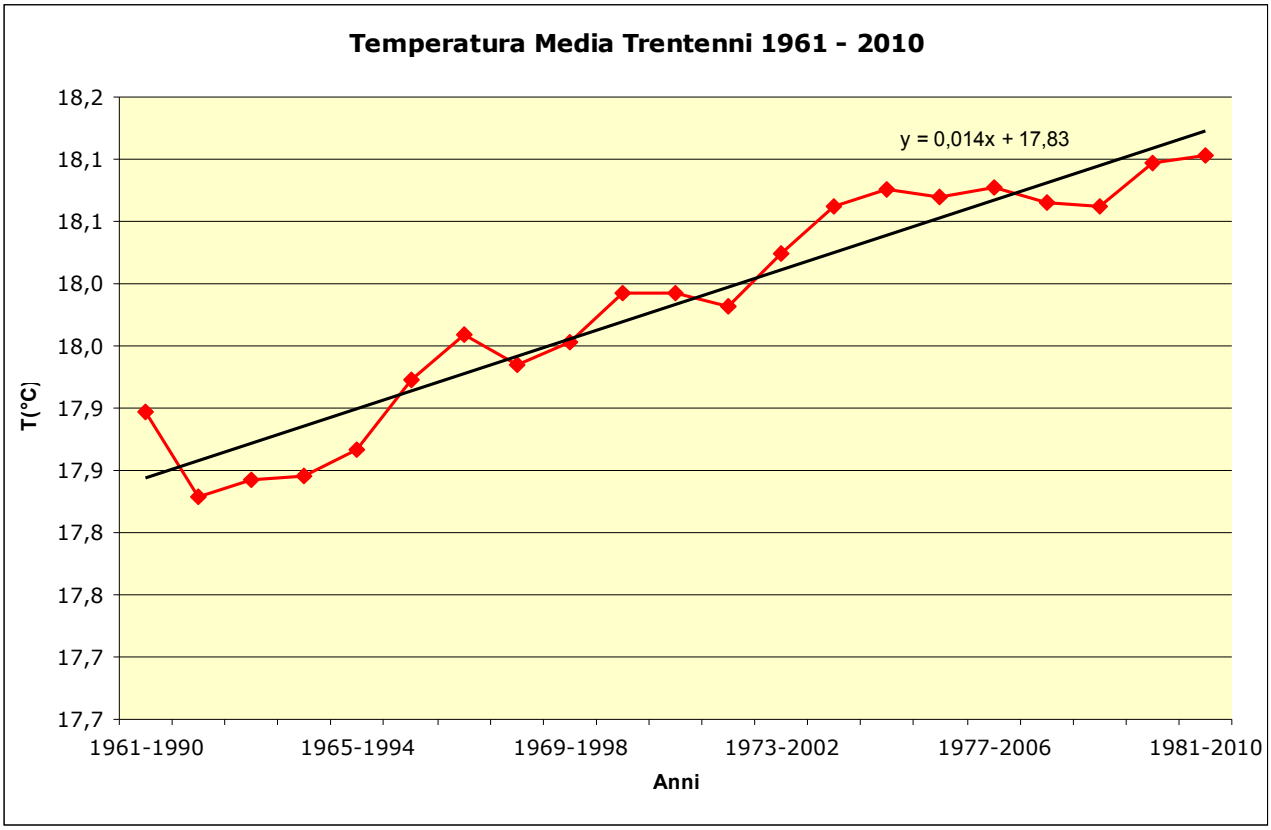
FIRENZE



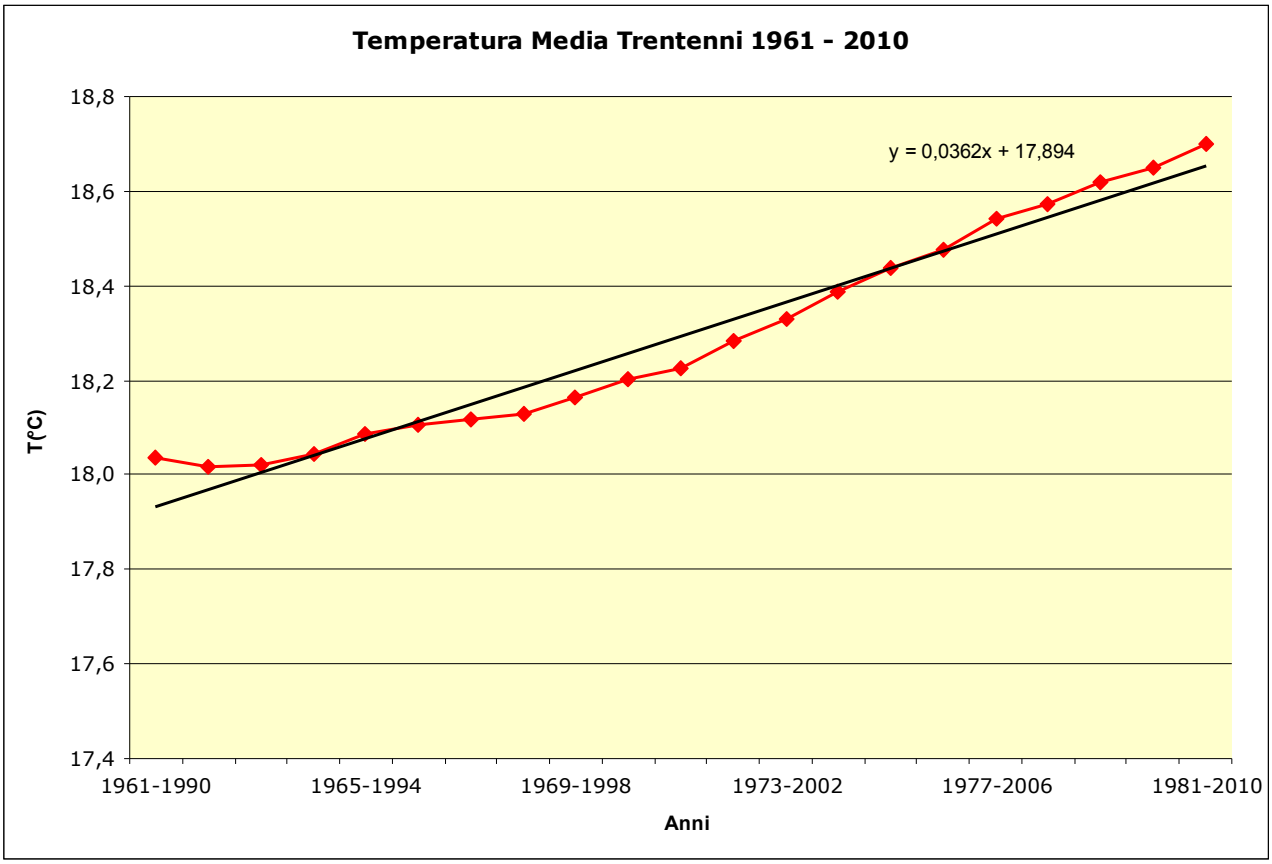
MILANO



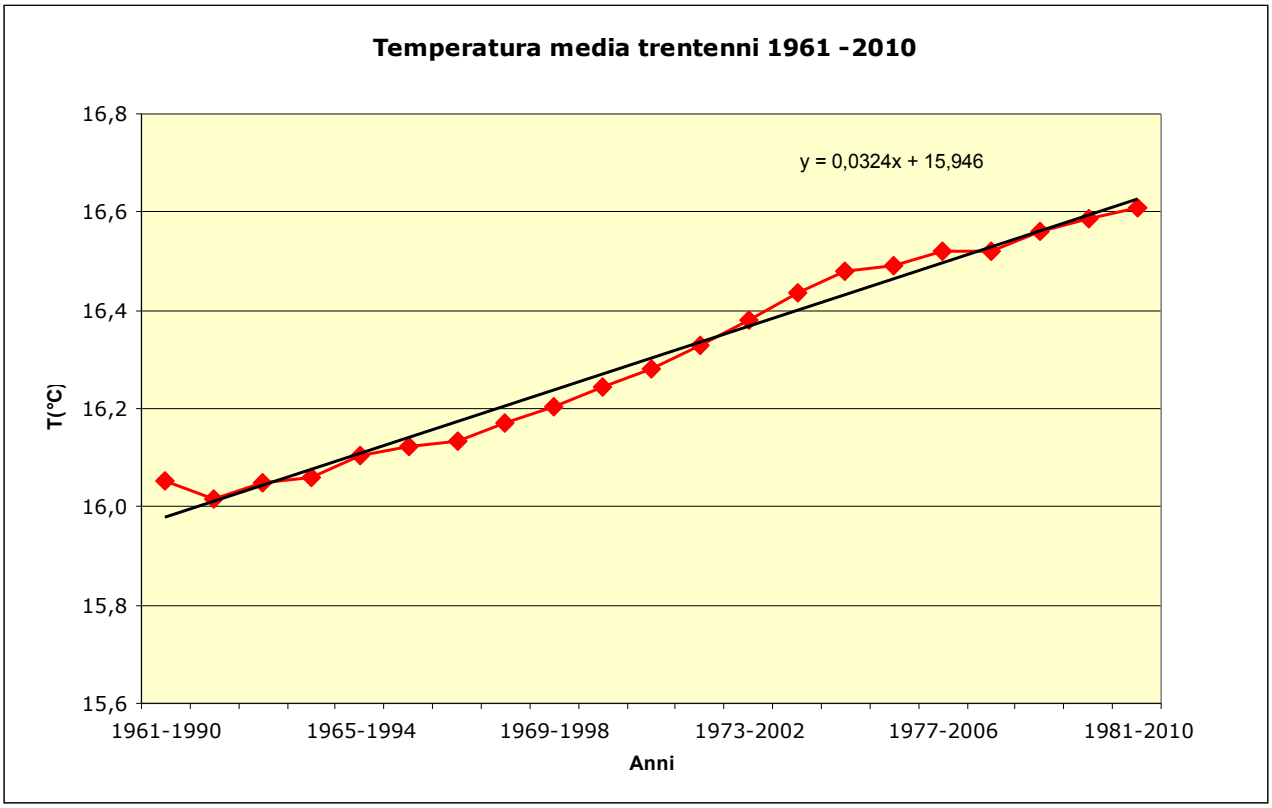
NAPOLI



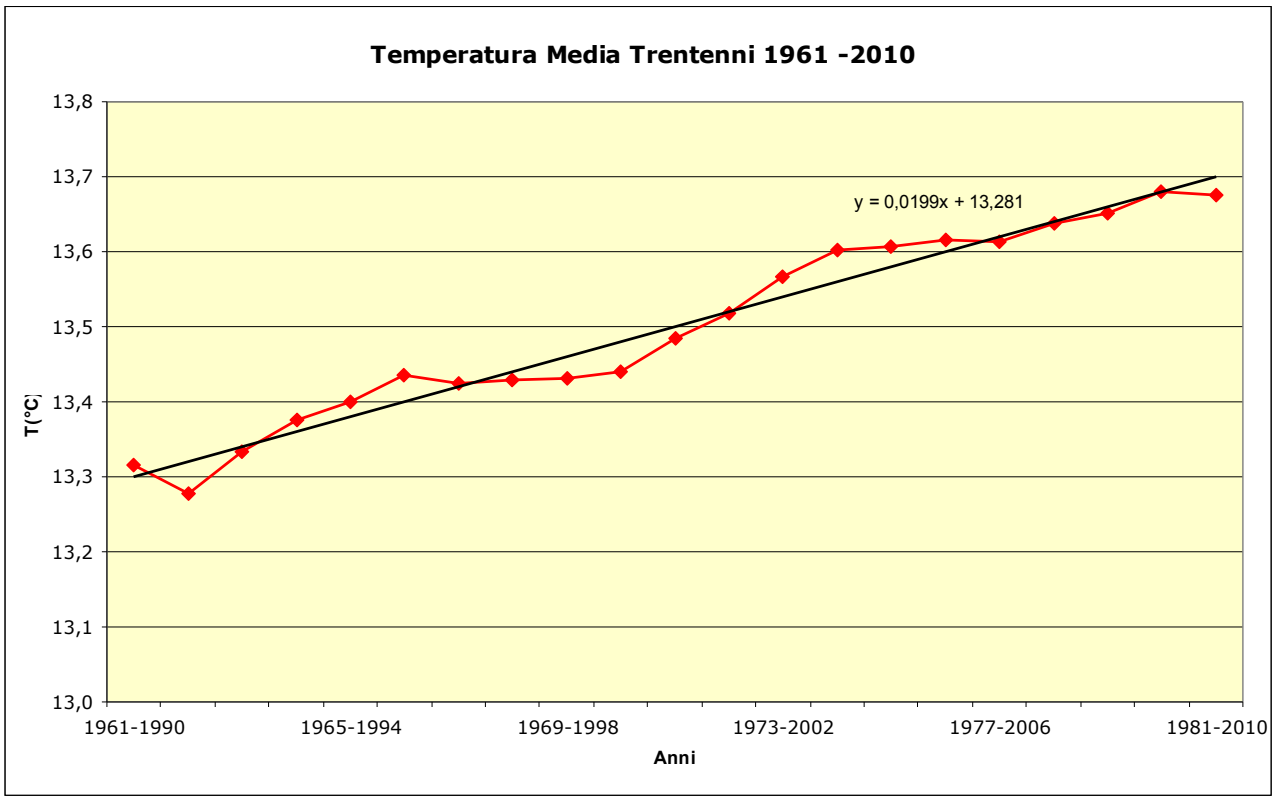
PALERMO



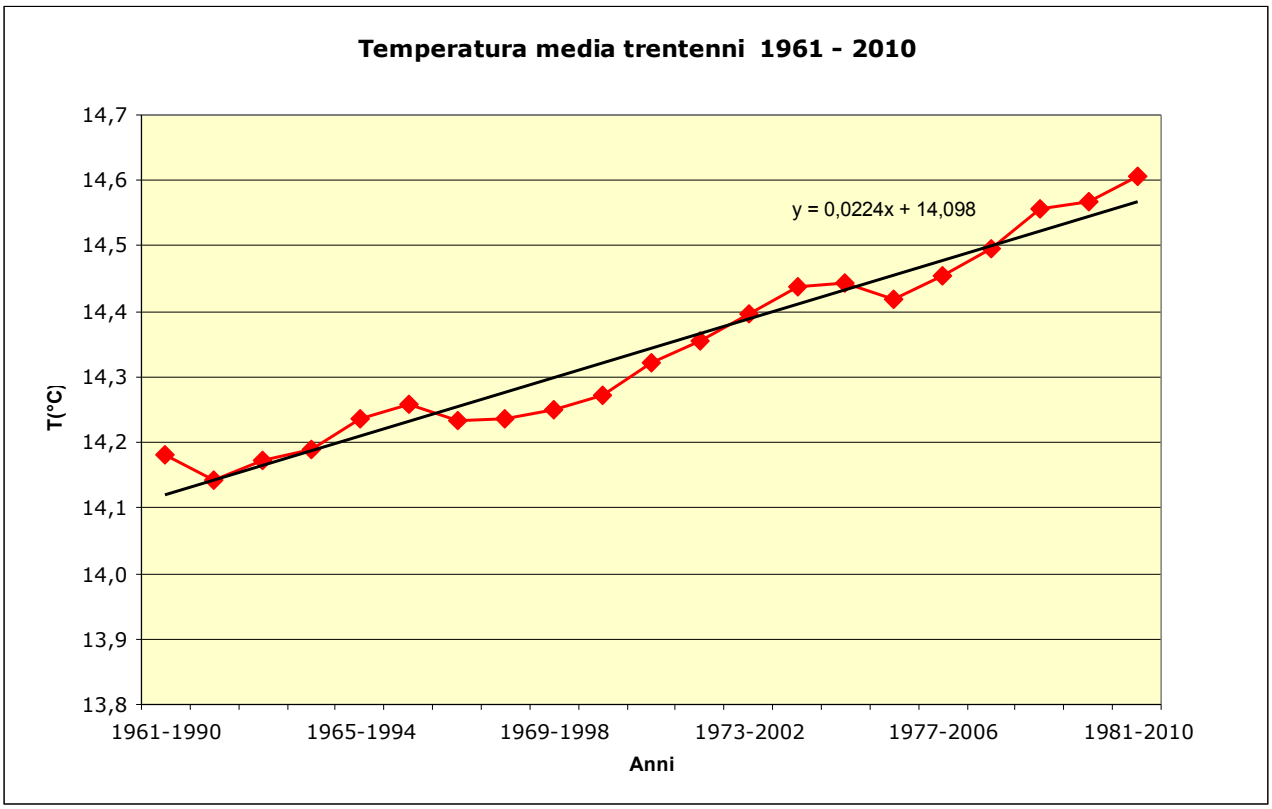
ROMA



TORINO



TRIESTE



Osservando attentamente i grafici si nota che le pendenze delle rette di regressione, pur se tutte positive, esprimono ratei di aumento delle temperature medie trentennali diversi da città a città.
Ciò risulta più evidente nella seguente tabella, in cui i coefficienti angolari delle rette di regressione sono riportati secondo valori crescenti.

Tabella 3 - *Pendenza della retta di regressione della media mobile della temperatura media annua trentennale per il periodo 1961-2010 e per le città indicate.*

Città	Coefficienti angolari
Bari	0,0050
Napoli	0,0140
Firenze	0,0176
Torino	0,0199
Trieste	0,0224
Roma	0,0324
Palermo	0,0362
Milano	0,0369
Bologna	0,0529

La città che ha mostrato la crescita più rallentata delle temperature nel corso del tempo è risultata Bari, che già nel precedente studio del 2007 aveva evidenziato una controtendenza rispetto alle altre città prese in considerazione. Nel periodo compreso tra il 1962 ed il 1999 la media mobile trentennale ha infatti evidenziato una flessione, legata alla presenza di una serie discontinua di anni in questo intervallo temporale, che hanno mostrato una diminuzione della temperatura media annuale. E' possibile tuttavia notare, osservando la parte terminale del grafico, come negli anni più recenti proprio questa stessa città evidenzi il trend di crescita più rapido tra tutte le città oggetto di indagine. Al secondo posto delle città che meno evidenziano la tendenza all'aumento termico si colloca Napoli. La città che invece ha mostrato sull'intervallo 1961–2010 la più rapida ascesa delle temperature medie annuali è risultata Bologna, seguita da Milano.

2.1.2. Approfondimenti sulle temperature mensili di Bologna, Milano e Bari

Per le tre città sopra menzionate è stata fatta un'analisi del trend delle temperature medie mensili, confrontandone i valori medi trentennali per i tre periodi CLINO 1961-1990, 1971-2000 e 1981-2010. I risultati sono riportati nelle seguenti tabelle.

Tabella 4 - *BOLOGNA. Temperature medie mensili nei trentenni indicati. Differenza mensile tra i valori del trentennio 1981-2000 e il trentennio 1961-1990.*

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
1961-1990	2,6	5,1	9,2	13,2	17,7	21,7	24,5	24,0	20,6	15,1	8,4	3,8
1971-2000	3,6	5,6	9,9	13,4	18,3	22,2	25,2	25,0	20,8	15,1	8,5	4,5
1981-2010	3,8	5,7	10,2	13,9	19,0	22,9	25,6	25,5	21,0	15,6	9,2	4,8
Δ 81-10/61-90	**1,2**	**0,6**	**1,1**	**0,7**	**1,3**	**1,3**	**1,1**	**1,6**	**0,4**	**0,5**	**0,8**	**0,9**

Tabella 5 - *MILANO. Temperature medie mensili nei trentenni indicati. Differenza mensile tra i valori del trentennio 1981-2000 e il trentennio 1961-1990.*

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
1961-1990	3,0	5,3	9,3	13,4	17,8	21,7	24,5	23,3	19,7	14,0	8,0	3,8
1971-2000	3,5	5,6	9,8	13,1	17,9	21,8	24,7	24,0	19,6	13,8	7,9	4,2
1981-2010	3,6	5,6	10,3	13,7	18,7	22,6	25,3	24,5	20,0	14,4	8,4	4,3
Δ 81-10/61-90	**0,6**	**0,3**	**1,0**	**0,3**	**0,9**	**0,9**	**0,8**	**1,2**	**0,3**	**0,4**	**0,4**	**0,5**

Tabella 6 - *BARI. Temperature medie mensili nei trentenni indicati. Differenza mensile tra i valori del trentennio 1981-2000 e il trentennio 1961-1990.*

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
1961-1990	9,7	10,1	11,9	14,7	18,8	22,4	25,0	24,9	22,1	18,1	14,0	10,9
1971-2000	9,7	9,8	11,7	14,4	18,8	22,7	25,2	25,2	22,1	18,1	13,8	10,8
1981-2010	9,5	9,3	11,8	14,6	19,1	23,0	25,6	25,6	22,1	18,3	13,8	10,6
Δ 81-10/61-90	**-0,2**	**-0,8**	**-0,1**	**-0,1**	**0,4**	**0,6**	**0,6**	**0,7**	**0,0**	**0,2**	**-0,2**	**-0,3**

Osservando le tabelle, che mostrano come siano variate per le tre città le temperature medie mensili nel corso dei trentenni successivi, è possibile fare una serie di considerazioni.
Le due città che nell'analisi hanno evidenziato il trend di aumento più rapido delle temperature medie annuali (Bologna, Milano) mostrano entrambe un'anomalia positiva più accentuata nella stagione estiva, con un massimo nel mese di agosto ed una tendenza all'anticipo della stessa al mese di maggio. Analogamente entrambe mostrano un massimo relativo di anomalia termica nel mese di marzo. Sono dunque verosimilmente soprattutto questi periodi ad "accelerare" la corsa all'aumento delle temperature medie annuali.
Viceversa, la città che ha mostrato una crescita più rallentata delle temperature nel corso del tempo (Bari) evidenzia una tendenza a stagioni invernali gradualmente più fredde, la qual cosa ha probabilmente contribuito a rallentare in qualche misura la crescita delle temperature medie annuali.

2.2. Aeroporti

Tabella 7 – *Temperature medie annuali (in °C) rilevate negli ultimi 12 anni 2001-2012 per i 9 aeroporti, rappresentanti le aree rurali delle 9 città considerate. Confronto con i valori di riferimento del trentennio 1961-1990 e del trentennio 1971-2000.*

Periodo	Torino Caselle	Milano Linate	Trieste Ronchi dei Legionari	Bologna Borgo Panigale	Firenze Peretola	Roma Ciampino	Napoli Capodichino	Bari Palese	Palermo Punta Raisi e Bocca di Falco*
1961-1990	11.6	12.5	13.1	13.2	14.6	15.1	15.5	15.7	18.5
1971-2000	12.0	13.0	13.2	13.6	14.9	15.2	15.9	15.9	18.3
2001-2012	12.6	14.2	13.3	14.1	15.4	15.8	16.7	15.9	18.6

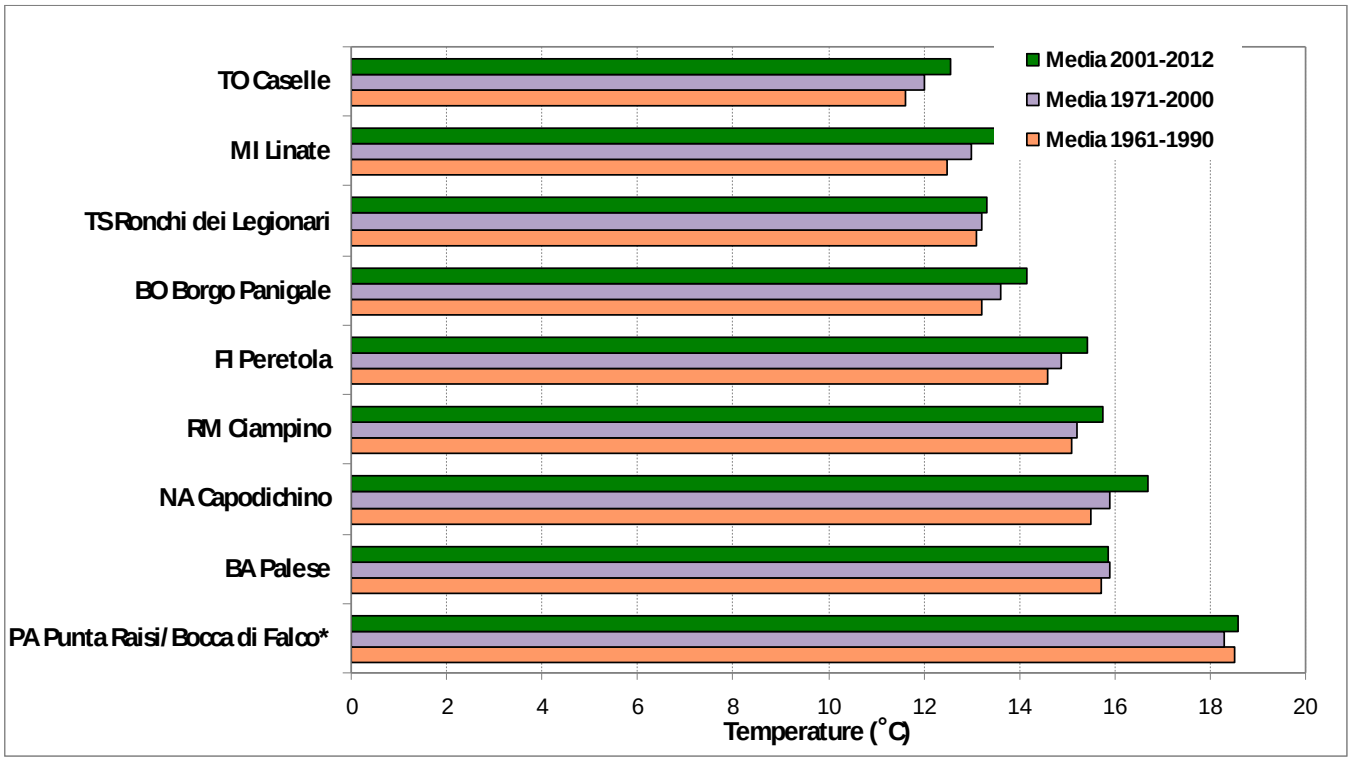
*: Palermo: Dati Clino 1961-1990 si riferiscono all'aeroporto di Palermo Punta Raisi, mentre i dati del trentennio 1971-2000 sono relativi all'aeroporto di Palermo Bocca di Falco.

Tabella 8 – *Differenze (in °C) tra le temperature rilevate negli ultimi 12 anni (2001-2012) per i 9 siti aeroportuali considerati e i valori di riferimento del trentennio 1961-1990 e del trentennio 1971-2000.*

Periodo	Torino Caselle	Milano Linate	Trieste Ronchi dei Legionari	Bologna Borgo Panigale	Firenze Peretola	Roma Ciampino	Napoli Capodichino	Bari Palese	Palermo Punta Raisi e Bocca di Falco*
(2001-2012)-(1961-1990)	1.0	1.7	0.2	0.9	0.8	0.7	1.2	0.2	0.1
(2001-2012)-(1971-2000)	0.6	1.2	0.1	0.5	0.5	0.6	0.8	0.0	0.3

*: Palermo: Dati Clino 1961-1990 si riferiscono all'aeroporto di Palermo Punta Raisi, mentre i dati del trentennio 1971-2000 sono relativi all'aeroporto di Palermo Bocca di Falco.

Nella Figura 2 i risultati sono presentati in forma grafica.



*: Palermo: Dati Clino 1961-1990 si riferiscono all'aeroporto di Palermo Punta Raisi, mentre i dati del trentennio 1971-2000 sono relativi all'aeroporto di Palermo Bocca di Falco.

Figura 2 - *Dati di temperatura media annua degli aeroporti indicati calcolati per i periodi 2001-2012, 1971-2000 e 1961-1990, posti a confronto*.

Come per le città, anche per i siti aeroportuali extra-urbani si evidenzia una tendenza all'aumento delle temperature medie e, anche in questo caso, è il sito relativo alla città di Milano ad aver subito gli aumenti maggiori. In leggera controtendenza solo Palermo, per cui la media 1971-2000 risulta leggermente inferiore a quella del trentennio 1961-1990 ma, come già specificato in calce alle tabelle, i dati dei due trentenni CLINO si riferiscono a due siti diversi (aeroporto di Palermo Punta Raisi per il trentennio 1961-1990; aeroporto di Palermo Bocca di Falco per il trentennio 1971-2000).

2.3. Confronto tra città e rispettivi aeroporti

Per gli ultimi 12 anni sono stati posti a confronto i valori medi annui delle temperature delle città con quelli degli aeroporti corrispondenti. I risultati sono presentati nella Tabella 9 e proposti in forma grafica nella Figura 3.
Si osserva che le temperature medie urbane sono sempre superiori rispetto ai corrispettivi siti extra-urbani; le differenze maggiori si hanno per Bari, Napoli e Trieste.

Tabella 9 - *Confronto delle temperature medie annuali (in °C) rilevate negli ultimi 12 anni (2001-2012) nelle 9 città considerate e negli aeroporti corrispondenti. L' ultima riga fornisce, per ogni città, la differenza tra la media delle temperature degli ultimi 12 anni tra le città e gli aeroporti.*

	Torino	Milano	Trieste	Bologna	Firenze	Roma	Napoli	Bari	Palermo
Città	13.7	15.0	15.0	15.0	15.5	16.8	18.1	17.7	19.0
Aeroporto	12.6	14.2	13.3	14.1	15.4	15.8	16.7	15.9	18.6
Differenza	*1.1*	*0.8*	*1.7*	*0.8*	*0.1*	*1.0*	*1.4*	*1.9*	*0.4*

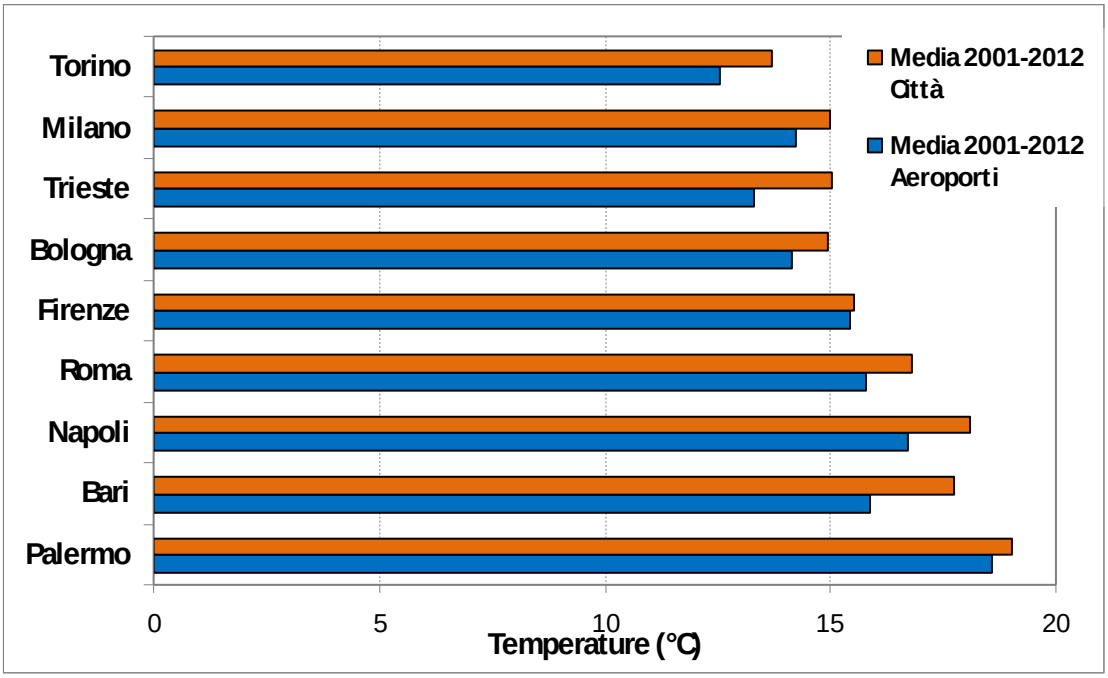


Figura 3 - *Temperature medie annue del periodo 2001-2012. Confronto tra città e rispettivi aeroporti.*

2.4. Analisi di maggior dettaglio per il periodo 2001-2012

Disponendo di dati più dettagliati per l'ultimo periodo, si è pensato di rappresentare per ogni anno dal 2001 al 2012 e per ogni città considerata i confronti tra le temperature dei centri urbani e quelle dei corrispondenti aeroporti.
I risultati sono presentati, città per città, nelle seguenti tabelle e figure.
Le differenze di temperature medie tra città e aeroporti mettono in evidenza che le temperature medie annue delle città sono sempre superiori a quelle dei corrispondenti aeroporti. Il risultato per Firenze non si può considerare del tutto rappresentativo, a causa della disomogeneità della serie di dati. Le differenze annuali più accentuate si confermano per le città di Bari, Napoli e Trieste.

Tabella 10 - *Temperature medie annue città - aeroporti 2001-2012*

ANNO	Torino		Milano		Trieste		Bologna		Firenze		Roma		Napoli		Bari		Palermo	
	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A
2001	13.6	12.3	14.5	14.3	15.2	13.3	15.8	14.2	15.1	15.8	17.2	15.9	17.2	17.1	17.5	15.8	19.3	18.9
2002	13.6	12.3	14.9	14.2	15.4	13.6	14.8	14.1	15.2	15.4	17.2	15.9	18.7	16.5	17.4	15.8	19.0	18.3
2003	14.6	12.4	15.9	14.8	15.4	13.3	15.8	14.4	15.5	15.8	17.7	16.4	18.6	16.5	17.4	15.7	19.7	18.8
2004	13.9	12.0	14.8	14.5	14.5	12.7	14.1	13.6	14.9	16.2	17.0	15.4	18.0	16.0	17.1	15.3	19.1	18.5
2005	13.8	12.3	14.2	13.8	14.0	12.4	13.8	13.1	14.1	14.4	16.2	14.8	17.7	16.0	16.6	14.9	18.7	18.0
2006	13.3	12.8	15.2	14.3	15.0	13.2	14.8	14.1	14.6	15.6	16.4	15.1	18.0	16.5	17.0	15.2	19.2	18.8
2007	14.3	12.9	15.7	14.5	15.6	13.0	15.4	14.7	15.8	15.8	16.1	15.8	18.2	16.8	17.5	17.0	18.9	18.8
2008	13.5	12.8	14.9	14.2	15.2	13.9	15.2	14.6	16.0	15.6	16.4	16.0	18.3	17.1	17.5	16.3	19.0	18.8
2009	13.9	12.5	15.0	14.1	14.6	14.0	15.1	14.7	16.3	15.7	16.7	16.2	18.4	16.9	18.4	15.9	18.8	18.4
2010	12.6	11.8	13.8	13.0	14.4	13.0	14.0	13.3	15.7	14.1	16.0	15.4	17.8	16.5	18.2	15.8	18.8	18.6
2011	13.8	13.6	15.7	14.2	15.5	13.7	15.2	14.6	16.7	15.4	16.7	16.1	18.2	17.2	18.6	16.2	18.6	18.3
2012	13.5	13.0	15.5	14.1	15.4	13.8	15.3	14.4	16.1	15.4	17.9	16.2	18.6	17.3	19.7	16.5	19.1	18.6
media	**13.7**	**12.6**	**15.0**	**14.2**	**15.0**	**13.3**	**15.0**	**14.1**	**15.5**	**15.4**	**16.8**	**15.8**	**18.1**	**16.7**	**17.7**	**15.9**	**19.0**	**18.6**

C = città, A = aeroporto

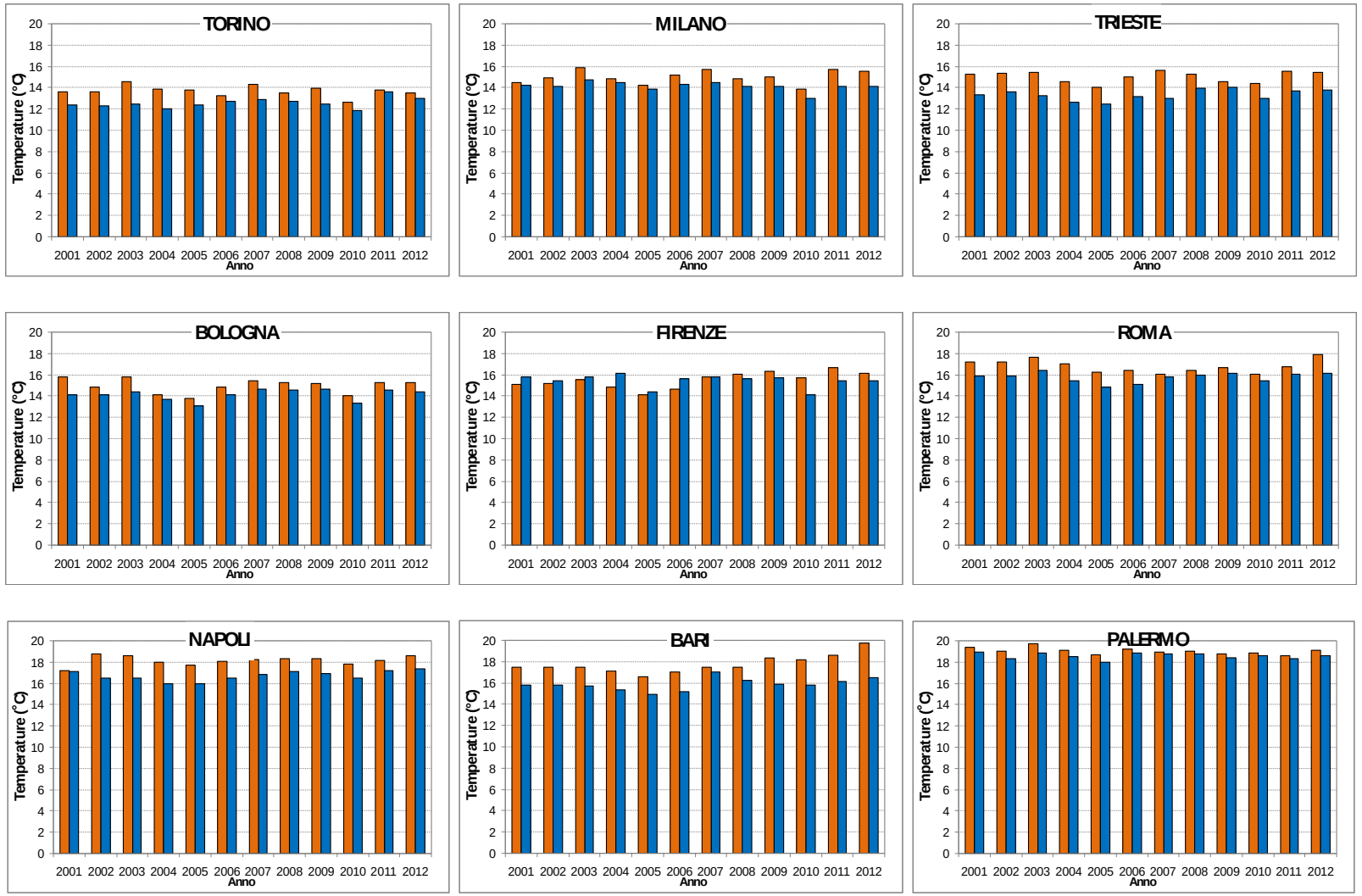


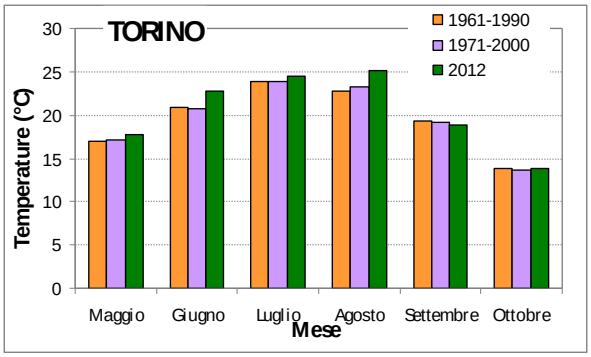
Figura 4 - *Temperature medie annue città - aeroporti 2001-2012*

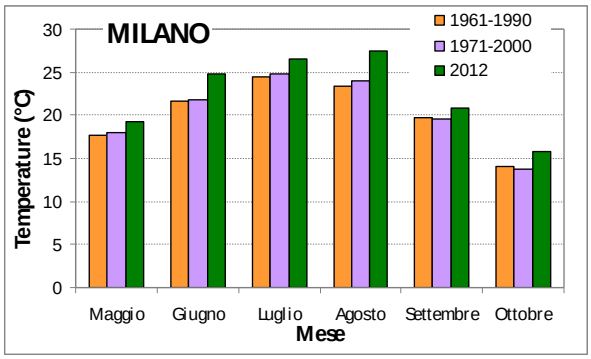
3. Anomalie dell'estate 2012

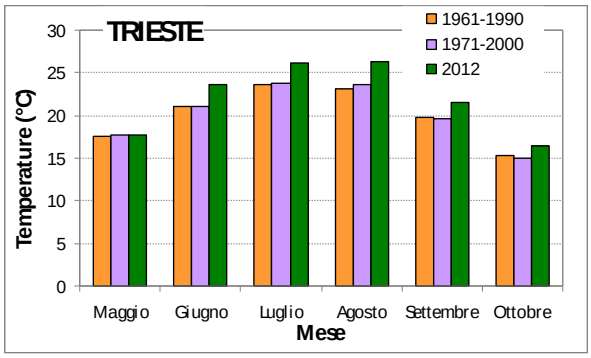
Nel rapporto di Legambiente sul clima delle aree urbane il primo semestre del 2007 era stato considerato come caso di particolare interesse, a causa dell'anomalia termica positiva rispetto al trentennio CLINO di riferimento 1961-1990. Particolarmente caldi erano risultati i mesi iniziali, invernali, significativi soprattutto da un punto di vista energetico in quanto avevano determinato sensibili riduzioni dei consumi destinati ad esempio al riscaldamento degli ambienti confinati.
Nella situazione attuale l'attenzione si è portata invece sul periodo estivo dell'anno 2012, in quanto l'anomalia è stata anche in questo caso positiva ma anche più estesa nel tempo essendosi prolungata verso l'autunno. Le temperature si sono dimostrate infatti più alte della norma, sia in generale rispetto alla normale cadenza stagionale, come è apparso nell'analisi più dettagliata nel caso di Milano, nel quale si è voluta considerare anche l'incidenza dei casi di "onde di calore".
Questo comportamento della fase estiva in Italia, che sembra confermarsi di anno in anno, da un punto di vista dell'adattamento climatico ha sicuramente un peso non irrilevante. Infatti, se periodi invernali più caldi della norma possono essere favorevoli per esempio da un punto di vista energetico (consumi ridotti per il riscaldamento degli edifici) e da un punto di vista dei trasporti terrestri o aerei (minor incidenza delle nebbie sulle strade e negli aeroporti) e marittimi (meno maltempo e quindi minor numero di situazioni di burrasca e tempesta), estati più calde e lunghe, con maggior incidenza degli episodi di onde di calore, possono essere critiche sia da un punto di vista energetico (maggiori consumi per la climatizzazione) sia da un punto di vista della salute, per la maggior frequenza di situazioni di disagio termico per afa.

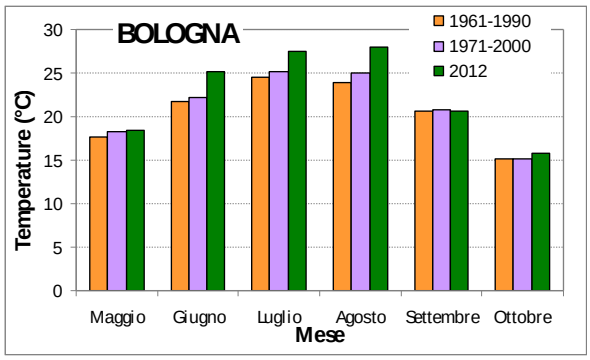
3.1. Confronto del periodo caldo 2012 con i periodi CLINO 1961-1990 e 1971-2000 corrispondenti (maggio-ottobre)

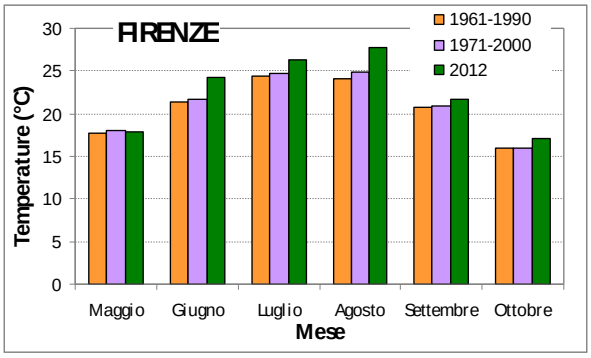
Sono stati messi a confronto i valori medi mensili delle temperature da maggio ad ottobre del 2012 con gli analoghi valori medi trentennali dei periodi 1961-1990 e 1971-2000.
Salvo casi singoli, i valori del 2012 sono in ampia prevalenza superiori a quelli dei trentenni di riferimento.
Altro fatto significativo è che le temperature medie di agosto sono state più calde che in luglio, fatto mediamente insolito, in quanto in quasi tutto il Paese il mese più caldo dell'anno è luglio. Una sostanziale equivalenza o una leggera prevalenza di agosto su luglio si ha al centro-sud dove è più frequente che al nord un certo prolungamento dell'estate

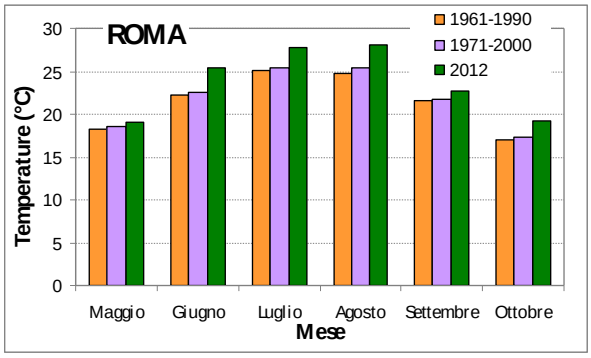

TORINO
1961-1990
1971-2000
2012
Temperature (°C)
0
5
10
15
20
25
30
Maggio
Giugno
Luglio
Agosto
Settembre
Ottobre
Mese


MILANO
1961-1990
1971-2000
2012
Temperature (°C)
0
5
10
15
20
25
30
Maggio
Giugno
Luglio
Agosto
Settembre
Ottobre
Mese


TRIESTE
1961-1990
1971-2000
2012
Temperature (°C)
0
5
10
15
20
25
30
Maggio
Giugno
Luglio
Agosto
Settembre
Ottobre
Mese


BOLOGNA
1961-1990
1971-2000
2012
Temperature (°C)
0
5
10
15
20
25
30
Maggio
Giugno
Luglio
Agosto
Settembre
Ottobre
Mese


FIRENZE
1961-1990
1971-2000
2012
Temperature (°C)
0
5
10
15
20
25
30
Maggio
Giugno
Luglio
Agosto
Settembre
Ottobre
Mese


ROMA
1961-1990
1971-2000
2012
Temperature (°C)
0
5
10
15
20
25
30
Maggio
Giugno
Luglio
Agosto
Settembre
Ottobre
Mese

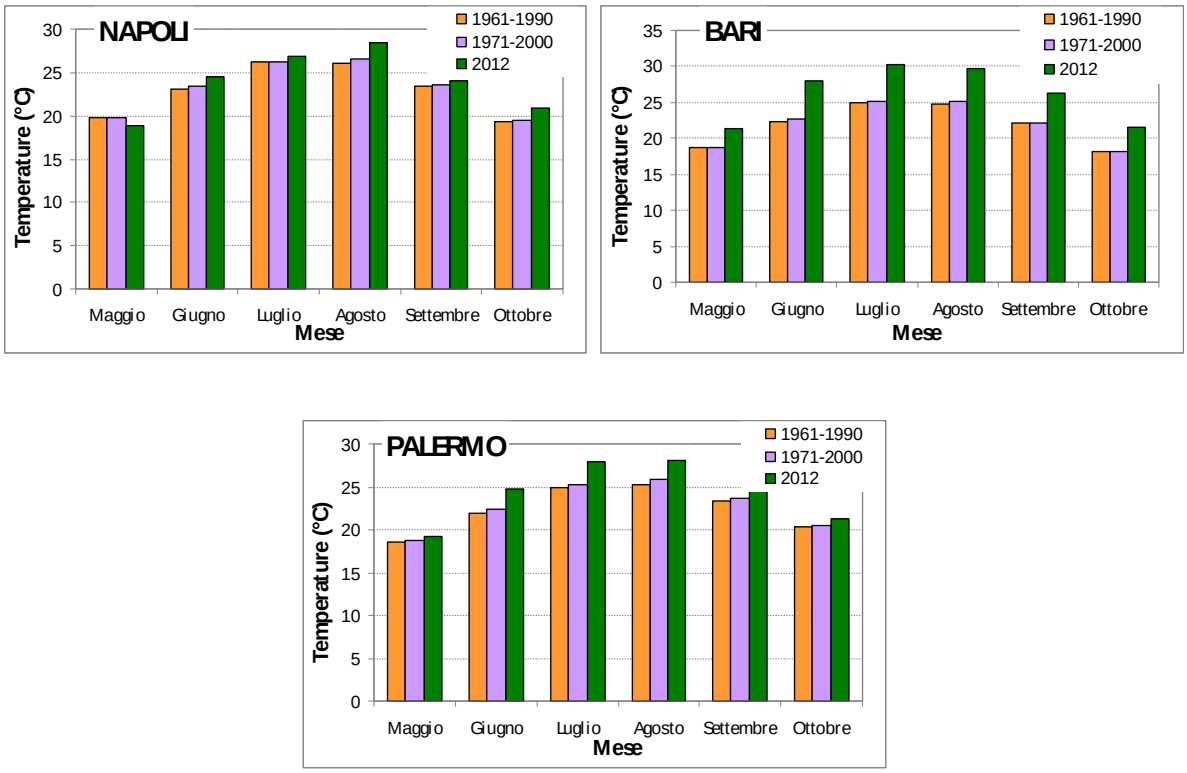


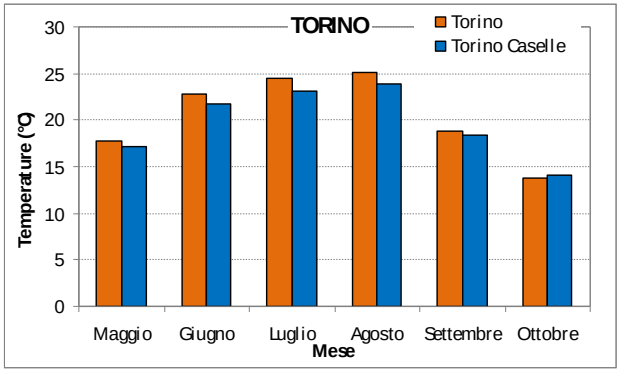
Figura 5 - *Estate 2012: temperature medie mensili da maggio a ottobre per le città considerate.*

3.2. Confronto dei valori medi mensili nella fase calda del 2012 tra le città e gli aeroporti

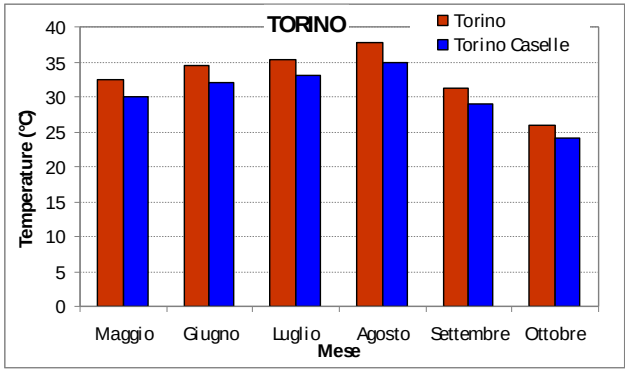
Per le 9 città considerate e per i corrispondenti aeroporti, si sono considerati i valori medi mensili (maggio-ottobre) e gli estremi assoluti mensili relativi all'estate 2012. Tali dati sono stati riportati di seguito sia in tabella sia graficamente città per città.

TORINO	MEDIA		MASSIMA ASSOLUTA		MINIMA ASSOLUTA	
	Torino	TO Caselle	Torino	TO Caselle	Torino	TO Caselle
Maggio	17.7	17.1	32.4	30.0	4.8	6.0
Giugno	22.8	21.8	34.5	32.0	11.0	12.0
Luglio	24.4	23.2	35.4	33.0	12.7	13.0
Agosto	25.1	23.9	37.7	35.0	13.7	14.0
Settembre	18.8	18.4	31.3	29.0	7.6	8.0
Ottobre	13.8	14.1	26.0	24.0	0.6	1.0

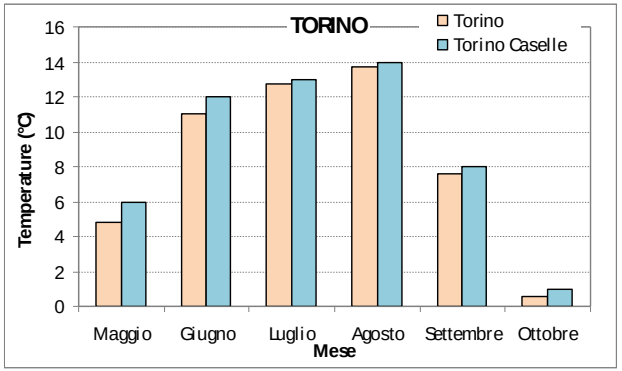
MEDIE MENSILI



MASSIME ASSOLUTE

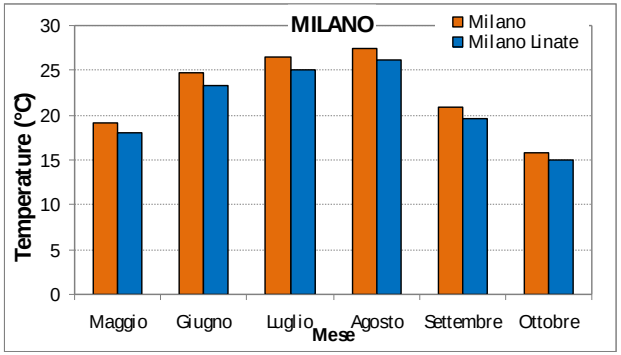


MINIME ASSOLUTE

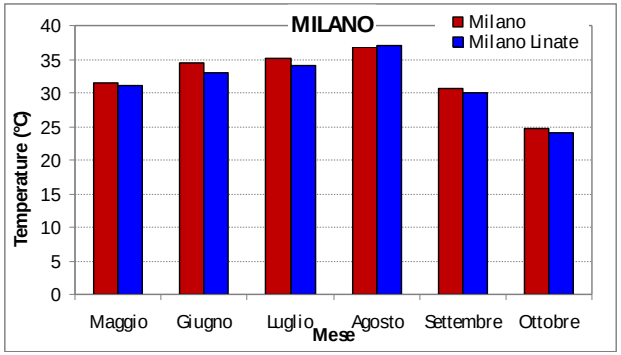


MILANO	MEDIA		MASSIMA ASSOLUTA		MINIMA ASSOLUTA	
	Milano	MI Linate	Milano	MI Linate	Milano	MI Linate
Maggio	19.2	18.1	31.5	31.0	11.3	9.0
Giugno	24.7	23.2	34.5	33.0	14.0	13.0
Luglio	26.4	25.1	35.2	34.0	16.1	14.0
Agosto	27.5	26.2	36.9	37.0	15.9	15.0
Settembre	20.9	19.6	30.6	30.0	13.6	11.0
Ottobre	15.8	15.0	24.6	24.0	5.6	3.0

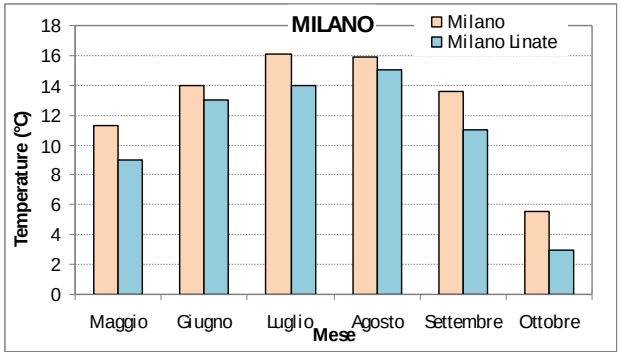
MEDIE MENSILI



MASSIME ASSOLUTE

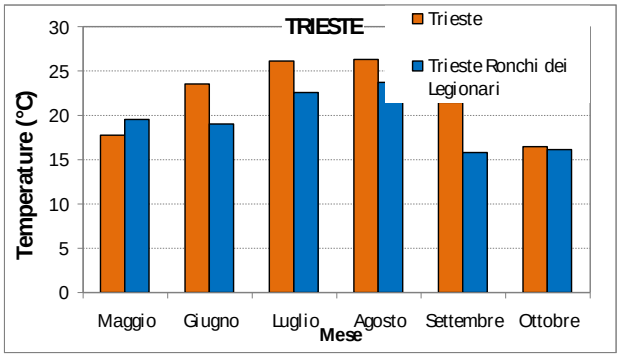


MINIME ASSOLUTE

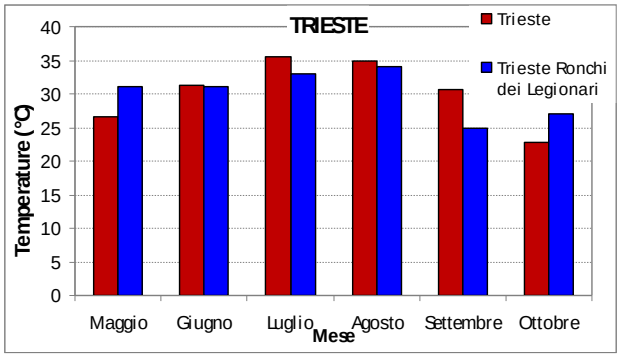


TRIESTE	MEDIA		MASSIMA ASSOLUTA		MINIMA ASSOLUTA	
	Trieste	TS Ronchi dei Legionari	Trieste	TS Ronchi dei Legionari	Trieste	TS Ronchi dei Legionari
Maggio	17.8	19.5	26.6	31.0	7.8	10.0
Giugno	23.5	19.0	31.2	31.0	15.3	6.0
Luglio	26.1	22.6	35.6	33.0	18.6	14.0
Agosto	26.3	23.7	34.9	34.0	16.5	11.0
Settembre	21.5	15.8	30.6	25.0	12.1	7.0
Ottobre	16.5	16.1	22.8	27.0	5.0	5.0

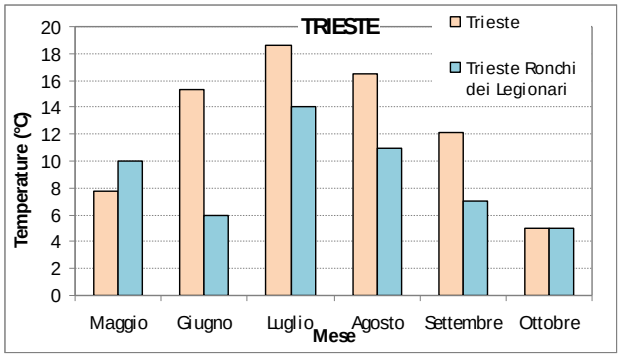
MEDIE MENSILI



MASSIME ASSOLUTE

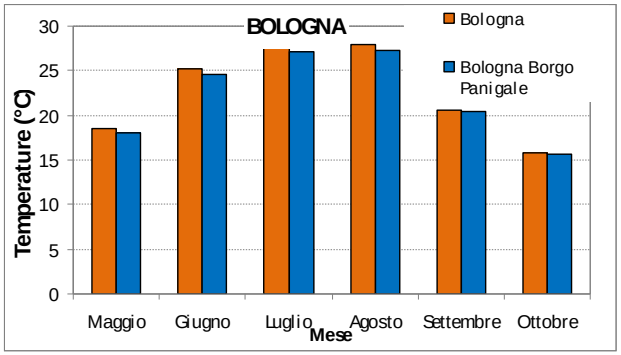


MINIME ASSOLUTE

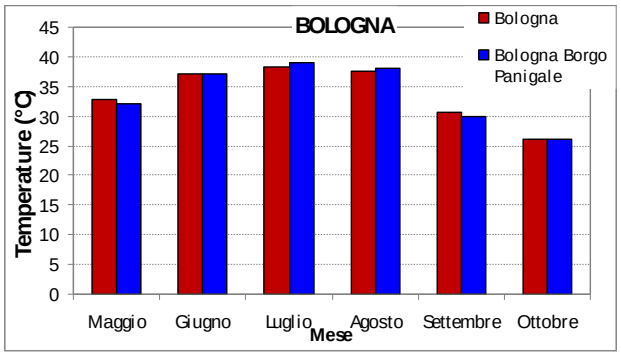


BOLOGNA	MEDIA		MASSIMA ASSOLUTA		MINIMA ASSOLUTA	
	Bologna	BO Borgo Panigale	Bologna	BO Borgo Panigale	Bologna	BO Borgo Panigale
Maggio	18.5	18.0	32.7	32.0	8.3	7.0
Giugno	25.2	24.6	37.0	37.0	14.8	13.0
Luglio	27.6	27.1	38.2	39.0	17.4	17.0
Agosto	27.9	27.3	37.6	38.0	16.5	15.0
Settembre	20.6	20.5	30.6	30.0	10.2	10.0
Ottobre	15.9	15.7	26.0	26.0	3.2	2.0

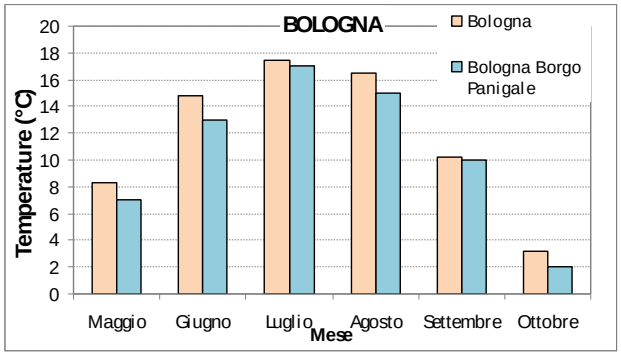
MEDIE MENSILI



MASSIME ASSOLUTE

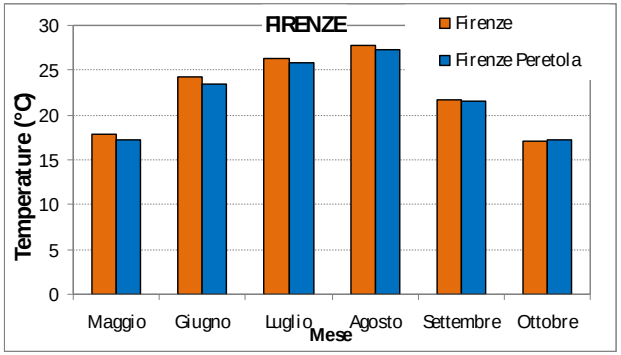


MINIME ASSOLUTE

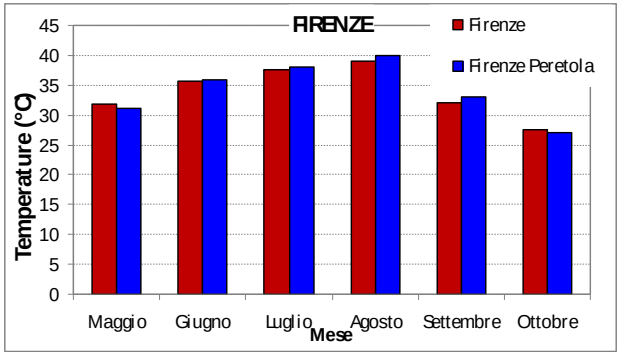


FIRENZE	MEDIA		MASSIMA ASSOLUTA		MINIMA ASSOLUTA	
	Firenze	FI Peretola	Firenze	FI Peretola	Firenze	FI Peretola
Maggio	17.8	17.2	31.8	31.0	7.3	6.0
Giugno	24.2	23.4	35.7	36.0	12.8	12.0
Luglio	26.3	25.8	37.5	38.0	17.6	16.0
Agosto	27.8	27.3	39.0	40.0	16.1	15.0
Settembre	21.7	21.5	32.0	33.0	9.4	8.0
Ottobre	17.1	17.3	27.4	27.0	2.1	0.0

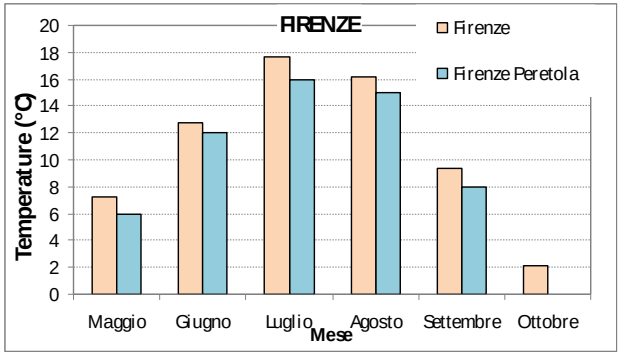
MEDIE MENSILI



MASSIME ASSOLUTE

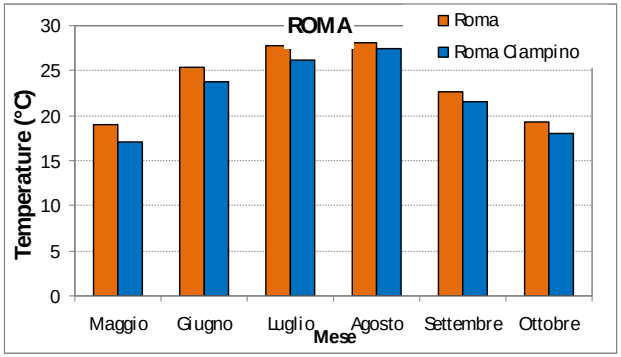


MINIME ASSOLUTE

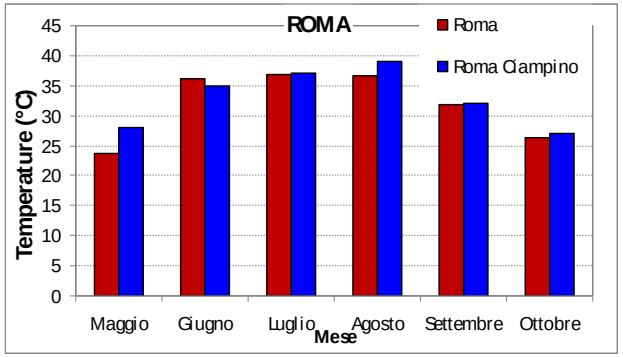


ROMA	MEDIA		MASSIMA ASSOLUTA		MINIMA ASSOLUTA	
	Roma	RM Ciampino	Roma	RM Ciampino	Roma	RM Ciampino
Maggio	19.0	17.0	23.6	28.0	11.0	7.0
Giugno	25.4	23.7	36.2	35.0	15.2	13.0
Luglio	27.7	26.2	36.9	37.0	20.7	18.0
Agosto	28.1	27.5	36.6	39.0	20.9	19.0
Settembre	22.7	21.5	31.9	32.0	14.4	12.0
Ottobre	19.3	18.1	26.4	27.0	6.6	4.0

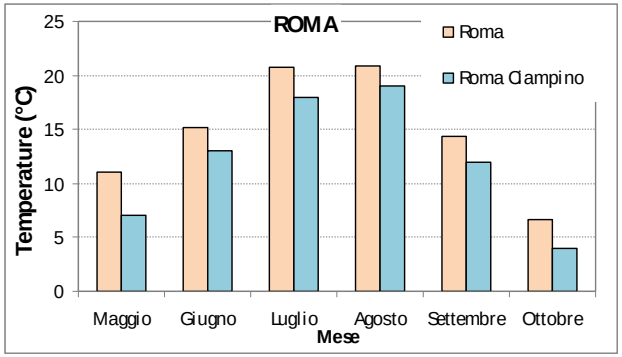
MEDIE MENSILI



MASSIME ASSOLUTE

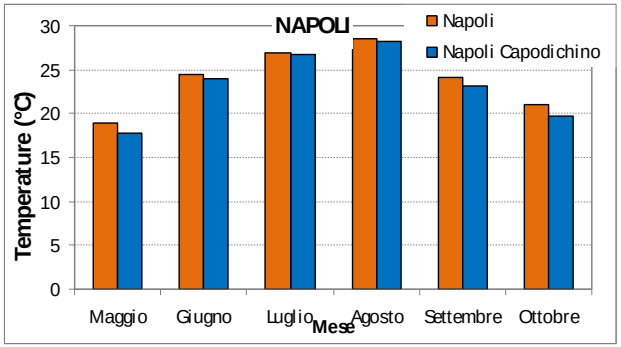


MINIME ASSOLUTE

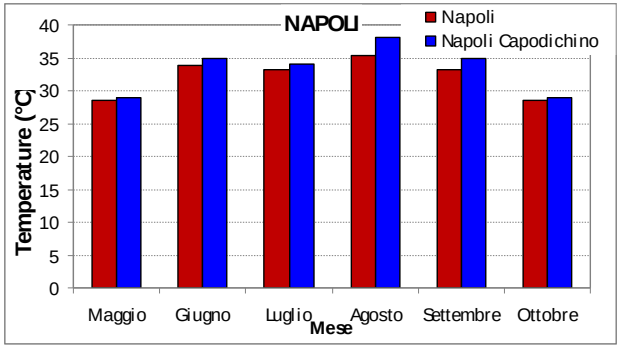


NAPOLI	MEDIA		MASSIMA ASSOLUTA		MINIMA ASSOLUTA	
	Napoli	NA Capodichino	Napoli	NA Capodichino	Napoli	NA Capodichino
Maggio	18.9	17.8	28.5	29.0	12.7	9.0
Giugno	24.5	23.9	33.8	35.0	18.5	15.0
Luglio	26.9	26.7	33.2	34.0	18.9	18.0
Agosto	28.5	28.2	35.4	38.0	23.0	22.0
Settembre	24.1	23.1	33.1	35.0	16.3	10.0
Ottobre	21.0	19.8	28.6	29.0	9.7	5.0

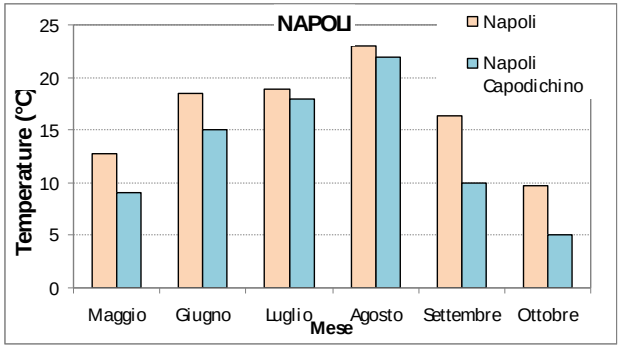
MEDIE MENSILI



MASSIME ASSOLUTE



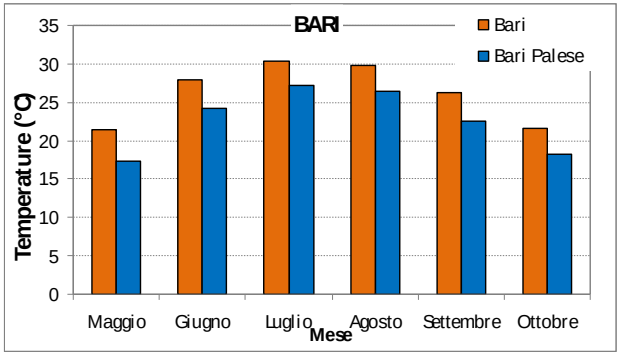
MINIME ASSOLUTE



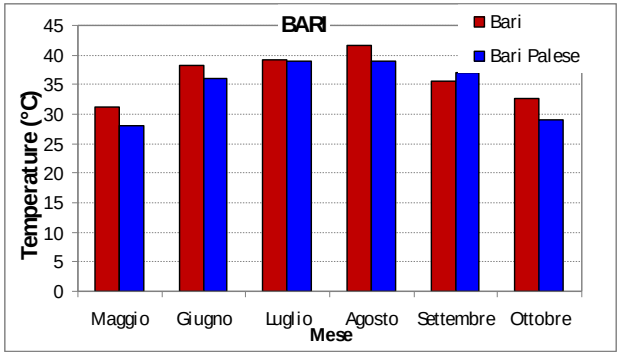
BARI

BARI	MEDIA		MASSIMA ASSOLUTA		MINIMA ASSOLUTA	
	Bari	BA Palese	Bari	BA Palese	Bari	BA Palese
Maggio	21.4	17.3	31.3	28.0	12.4	8.0
Giugno	28.0	24.1	38.3	36.0	20.0	15.0
Luglio	30.3	27.2	39.1	39.0	22.6	16.0
Agosto	29.7	26.4	41.7	39.0	22.3	17.0
Settembre	26.3	22.5	35.5	37.0	16.8	11.0
Ottobre	21.6	18.2	32.6	29.0	10.3	9.0

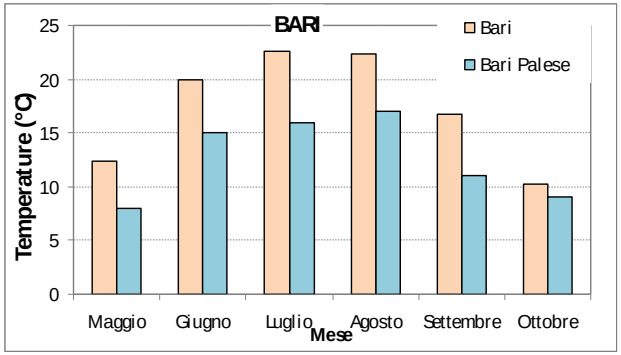
MEDIE MENSILI



MASSIME ASSOLUTE

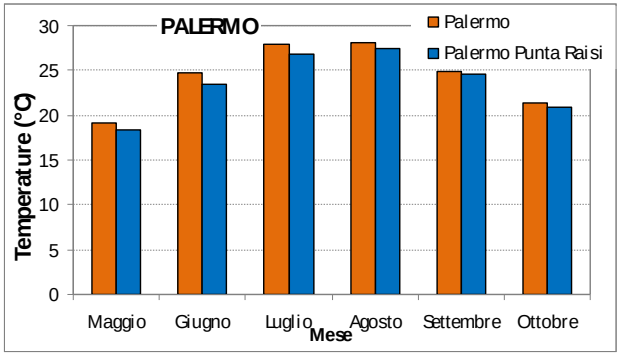


MINIME ASSOLUTE

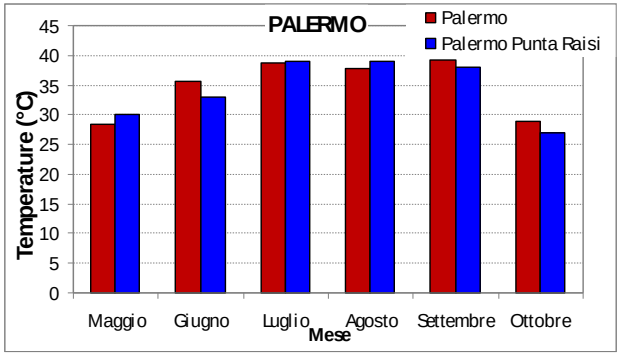


PALERMO	MEDIA		MASSIMA ASSOLUTA		MINIMA ASSOLUTA	
	Palermo	PA Punta Raisi	Palermo	PA Punta Raisi	Palermo	PA Punta Raisi
Maggio	19.2	18.3	28.3	30.0	12.2	13.0
Giugno	24.7	23.4	35.5	33.0	15.4	16.0
Luglio	27.9	26.9	38.8	39.0	21.0	21.0
Agosto	28.1	27.4	37.9	39.0	21.5	21.0
Settembre	24.8	24.6	39.2	38.0	16.3	17.0
Ottobre	21.3	20.9	28.8	27.0	12.5	14.0

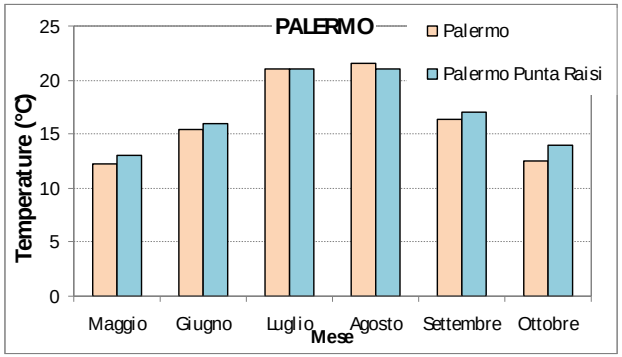
MEDIE MENSILI



MASSIME ASSOLUTE



MINIME ASSOLUTE



Nelle tabelle e nei diagrammi sovrastanti, dedicati alle 9 aree urbane considerate, si osserva come in prevalenza le temperature dei siti cittadini risultino più elevate dei corrispondenti siti extra-urbani. In generale, le differenze maggiori tra sito urbano e sito extra-urbano si hanno per le temperature minime (ad eccezione di Torino e Palermo), mentre si registrano valori più simili per quello che concerne le massime: questo sottolinea una tendenza delle città a mantenersi calde nelle ore serali e notturne, mentre nei siti extra-urbani la temperatura diminuisce più marcatamente. I casi di Torino e Palermo si possono spiegare solo in termini di ventilazione collegata all'orografia locale, non di facile interpretazione. Nel caso di Torino gioca un ruolo particolare l'esposizione ai solchi vallivi alpini, nel caso di Palermo la particolare situazione orografica dell'aeroporto di Punta Raisi.
Un altro aspetto dell'estate 2012 appare piuttosto evidente, quello di essere costituita da tre mesi le cui temperature medie crescono, facendo giocare ad agosto, anziché a luglio come di consueto, il ruolo di mese più caldo dell'estate. Questa particolarità, specialmente al nord, costituisce una tendenza a suo tempo già avvertita e documentata per Milano in una relazione ad un convegno del 2002. Nel paragrafo seguente tale andamento della stagione estiva viene proposto con un aggiornamento fino al 2012.

4. La stagione estiva a Milano dal 2001 al 2012

4.1. La data del "centro dell'estate"

Da un punto di vista climatico tradizionale, essendo convenzionalmente l'estate climatologica italiana costituita dal trimestre giugno-luglio-agosto, il centro dell'estate dovrebbe collocarsi in media tra il 15 e il 16 luglio.
Più di dieci anni fa a Milano studi climatologici sul clima della città avevano messo in evidenza la tendenza del periodo estivo ad estendersi in avanti con lo spostamento verso l'autunno del giorno centrale del periodo di 31 giorni mediamente più caldi, interpretati nel loro complesso come "centro dell'estate".
"A Milano le stagioni cambiano" era stato infatti il titolo di un breve convegno organizzato il 23 gennaio 2002 dall'OMD.

In quella occasione la data centrale dell'estate nel centro urbano di Milano era stata calcolata con un procedimento di media mobile su 31 giorni per un lungo periodo, dal 1895 al 2000, quindi per più di un secolo.

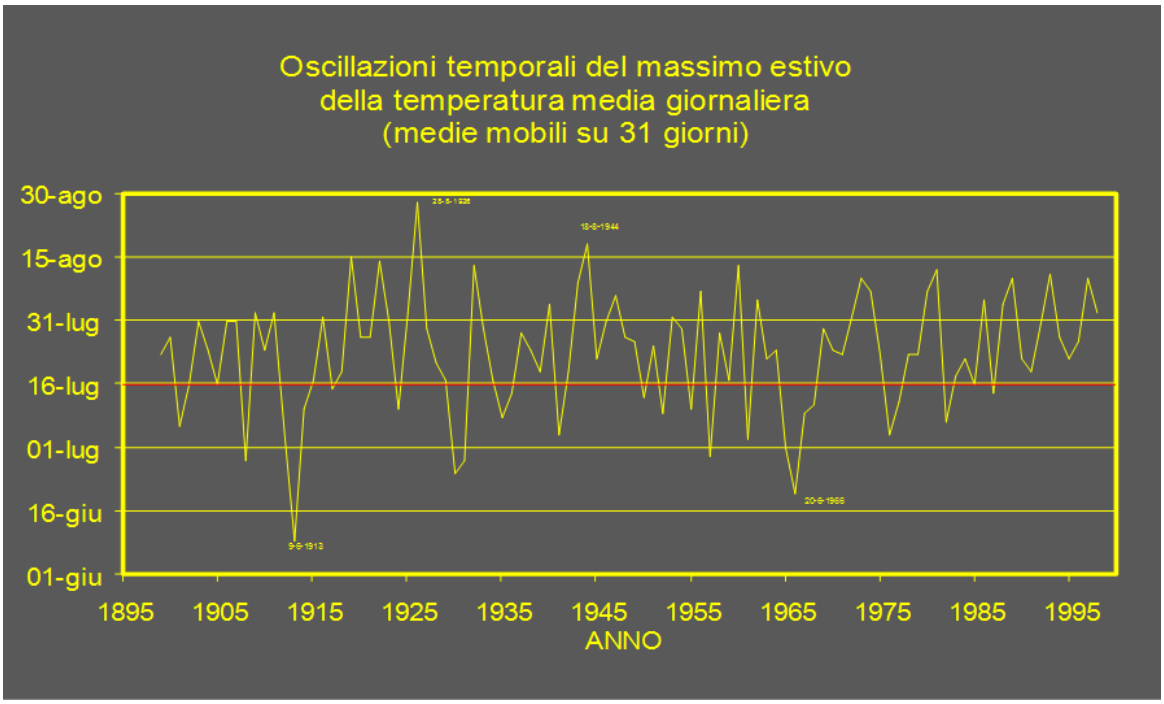


Figura 6 - *Andamento temporale del "centro dell'estate" a Milano dal 1895 al 2000.*

Nel diagramma (fig. 6) si poteva già notare che a partire dalla metà degli anni '60 il trend della data centrale dell'estate si stava spostando verso la fine di luglio, spesso superandola.
Una analoga operazione è stata fatta per estendere questo tipo di elaborazione fino all'estate del 2012 ed il risultato è riportato nella figura seguente.

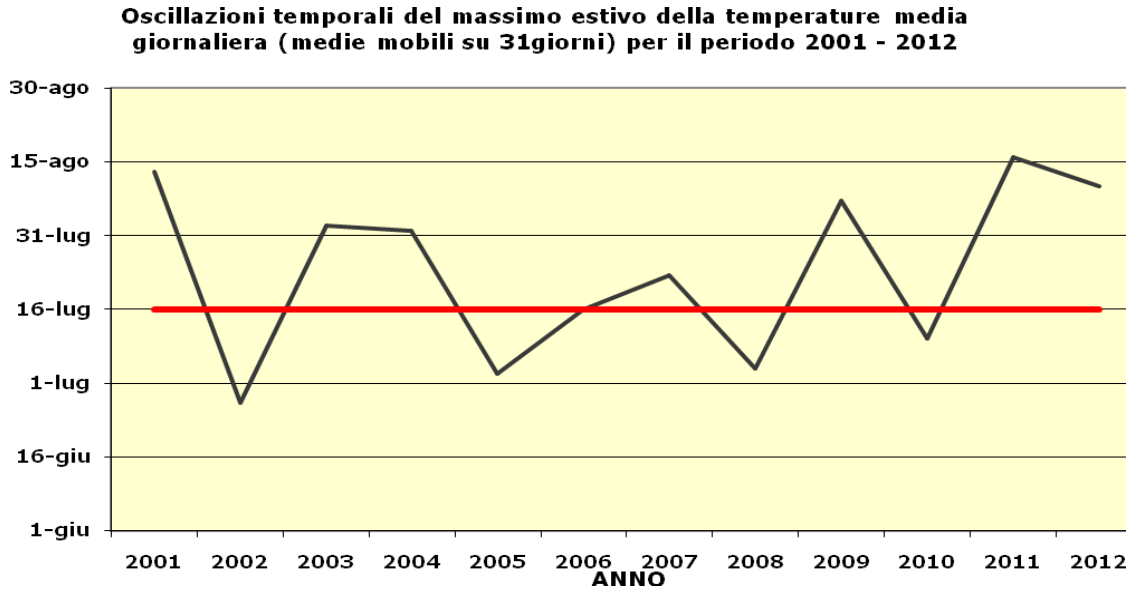


Figura 7 - *Andamento temporale del "centro dell'estate" a Milano dal 2001 al 2012.*
Come si può facilmente notare, la tendenza all'avanzamento nel tempo del centro dell'estate e al prolungamento della stessa verso l'autunno sembra essere una caratteristica ormai consolidata e comunque molto frequente.

4.2. Le onde di calore a Milano

Il concetto di "onda di calore" si è affermato soprattutto in tempi recenti, quando temperature elevate sono associate a livelli di umidità tali da determinare condizioni di afa, e quindi di disagio termico ai quali, soprattutto nei centri urbani, a causa dell'uso dei suoli (superfici pavimentate in pietra, distese d'asfalto, edifici in muratura, ecc.) si può ovviare con difficoltà, spesso ricorrendo ad impianti di raffrescamento degli ambienti confinati. Tutto ciò comporta delle conseguenze sui consumi energetici, specialmente quando alle condizioni di temperatura elevata durante il giorno si alternano temperature notturne anch'esse elevate.
Oltre ad aspetti legati alla dinamica dell'atmosfera, come ad esempio la presenza di un'onda di alta pressione che si forma tra l'Africa settentrionale e il Mediterraneo, il concetto di onda di calore in Italia è stato spesso associato al raggiungimento e al superamento di certe soglie di temperatura, in termini sia di valori massimi diurni che di minimi notturni.
In Italia sono state da molti considerate come caratteristiche di un'onda di calore le condizioni di temperatura legate a massime diurne superiori a 35° C con valori corrispondenti di minimi notturni superiori a 25° C.
Nel caso di Milano sono stati considerati i giorni estivi del periodo che va dal 1961 al 2012, ed i risultati complessivi sono riportati nella figura seguente.

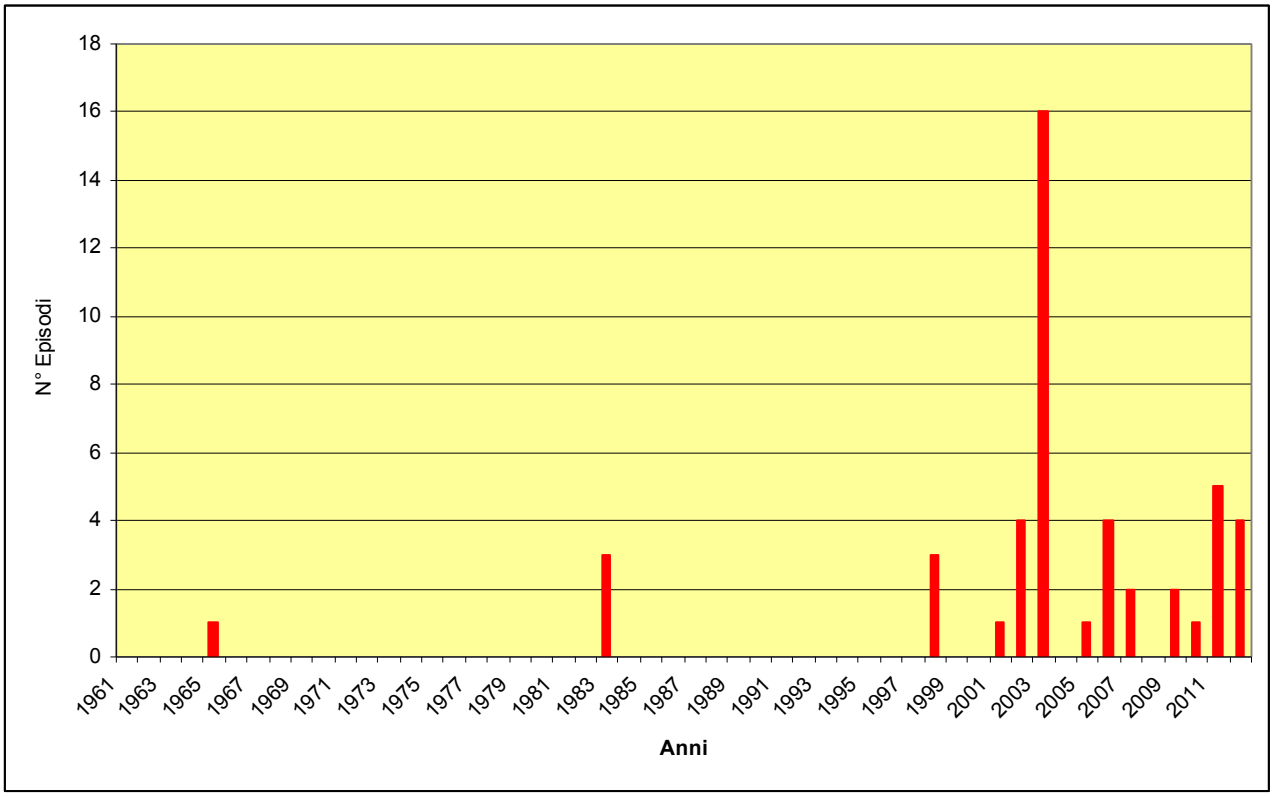


Figura 8 - *Milano centro città - Numero di giorni con temperatura massima superiore a 35° C e temperatura minima superiore a 25° C.*

Come risulta ben evidente nella figura 8, i casi sono quasi esclusivamente concentrati dopo il 2000. In dettaglio i giorni interessati, con le relative temperature osservate, sono riportati nelle due seguenti tabelle.

Tabella. 11 - *Giorni da "onde di calore" a Milano tra il 1961 e il 2000.*

Anno	Mese	Giorno	Minima (°C)	Massima (°C)
1965	**6**	**26**	26.0	35.2
1983	**7**	**26**	25.6	36.1
1983	**7**	**27**	26.9	35.5
1983	**7**	**28**	26.0	35.3
1998	**8**	**11**	25.3	37.0
1998	**8**	**12**	26.2	36.3
1998	**8**	**13**	25.5	35.3

Tabella 12 - *Giorni da "onde di calore" a Milano tra il 2001 e il 2012.*

Anno	Mese	Giorno	Minima (°C)	Massima (°C)
2001	**8**	**2**	25.3	35.3
2002	**6**	**18**	25.3	35.7
2002	**6**	**19**	25.1	35.1
2002	**6**	**22**	25.1	36.5
2002	**6**	**23**	26.8	36.5
2003	**6**	**12**	26.1	37.7
2003	**6**	**13**	25.9	37.2
2003	**6**	**14**	25.9	37.4
2003	**7**	**23**	25.3	36.1
2003	**8**	**3**	25.9	36.4
2003	**8**	**4**	27.5	38.3
2003	**8**	**5**	27.3	38.5
2003	**8**	**6**	27.3	37.9
2003	**8**	**7**	26.4	37.2
2003	**8**	**8**	27.4	37.4
2003	**8**	**9**	25.8	37.7
2003	**8**	**10**	27.4	38.3
2003	**8**	**11**	26.0	39.8
2003	**8**	**12**	27.6	39.3
2003	**8**	**13**	27.5	38.4
2003	**8**	**14**	25.3	37.0
2005	**6**	**28**	25.2	36.9
2006	**7**	**22**	26.7	37.4
2006	**7**	**23**	26.0	36.6
2006	**7**	**24**	25.1	36.4
2006	**7**	**31**	25.5	36.0
2007	**7**	**19**	25.3	36.5
2007	**7**	**20**	25.5	36.7
2009	**8**	**19**	25.9	35.3
2009	**8**	**20**	25.8	35.8
2010	**7**	**17**	26.1	35.2
2011	**8**	**21**	25.1	35.7
2011	**8**	**22**	26.5	36.3
2011	**8**	**23**	26.1	36.8
2011	**8**	**24**	25.3	35.6
2011	**8**	**25**	25.6	36.0
2012	**7**	**1**	26.3	35.2
2012	**8**	**20**	26.6	35.7
2012	**8**	**21**	27.0	36.7
2012	**8**	**22**	27.2	36.9

Se supponiamo però di considerare come episodi di onda di calore significativa solo quelli caratterizzati dal persistere delle condizioni sopracitate per almeno 3 giorni consecutivi, gli episodi antecedenti al 2003 si riducono solo a due:

26/28 luglio 1983
11/13 agosto 1998

con un massimo di 37.0 ° C raggiunti il giorno 11 agosto 1998.

Nell'ultimo decennio ce ne sono invece 5, di cui due nella famosa estate del 2003 (tra cui il più persistente, della durata di ben 12 giorni):

12/14 giugno 2003
3/14 agosto 2003
22/24 luglio 2006
21/25 agosto 2011
20/22 agosto 2012

con il più elevato massimo assoluto mai registrato a Milano: 39.8° C il giorno 11 agosto 2003.

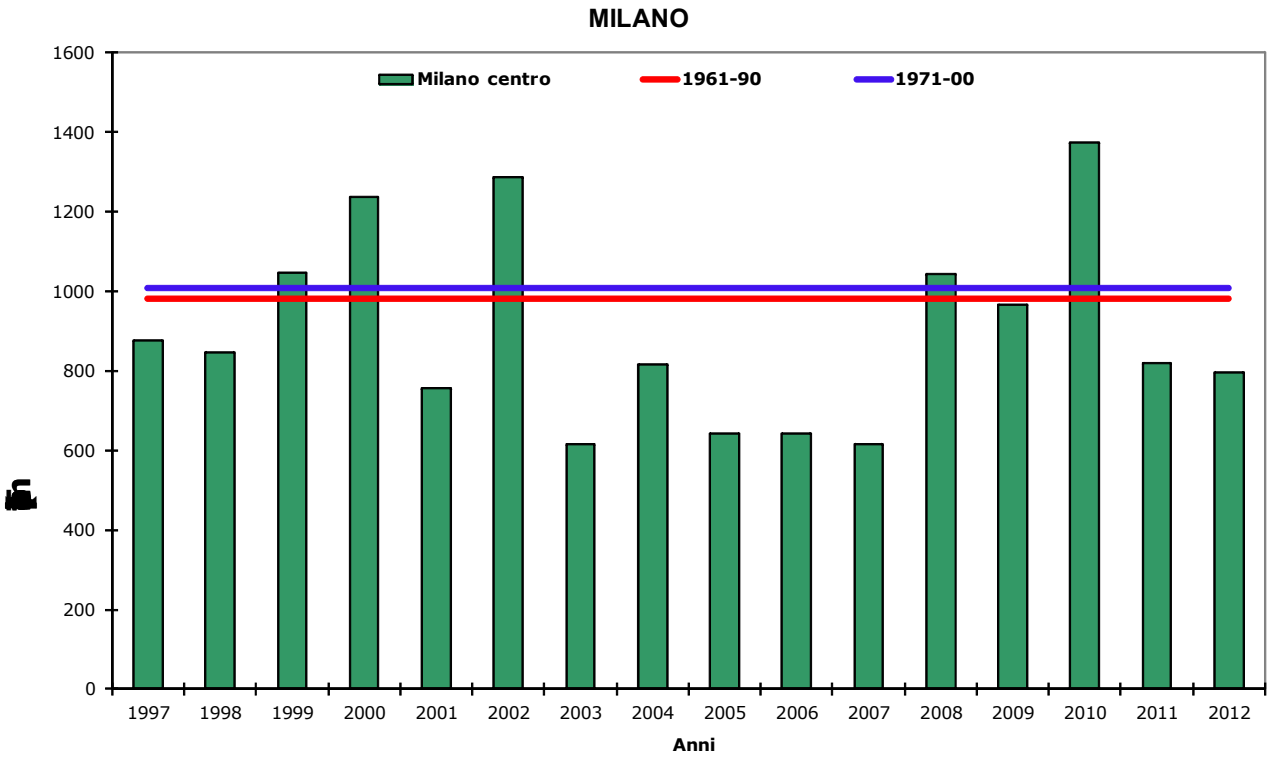
Si può notare inoltre che negli ultimi due anni tali onde di calore si siano verificate nella seconda parte del mese di agosto, periodo dell'estate che solitamente è invece caratterizzato da un calo delle temperature e dal transito delle prime perturbazioni atlantiche sul nord Italia, caratteristiche del periodo conclusivo dell'estate.

5. Le serie storiche di pioggia a Milano, Roma e Palermo.

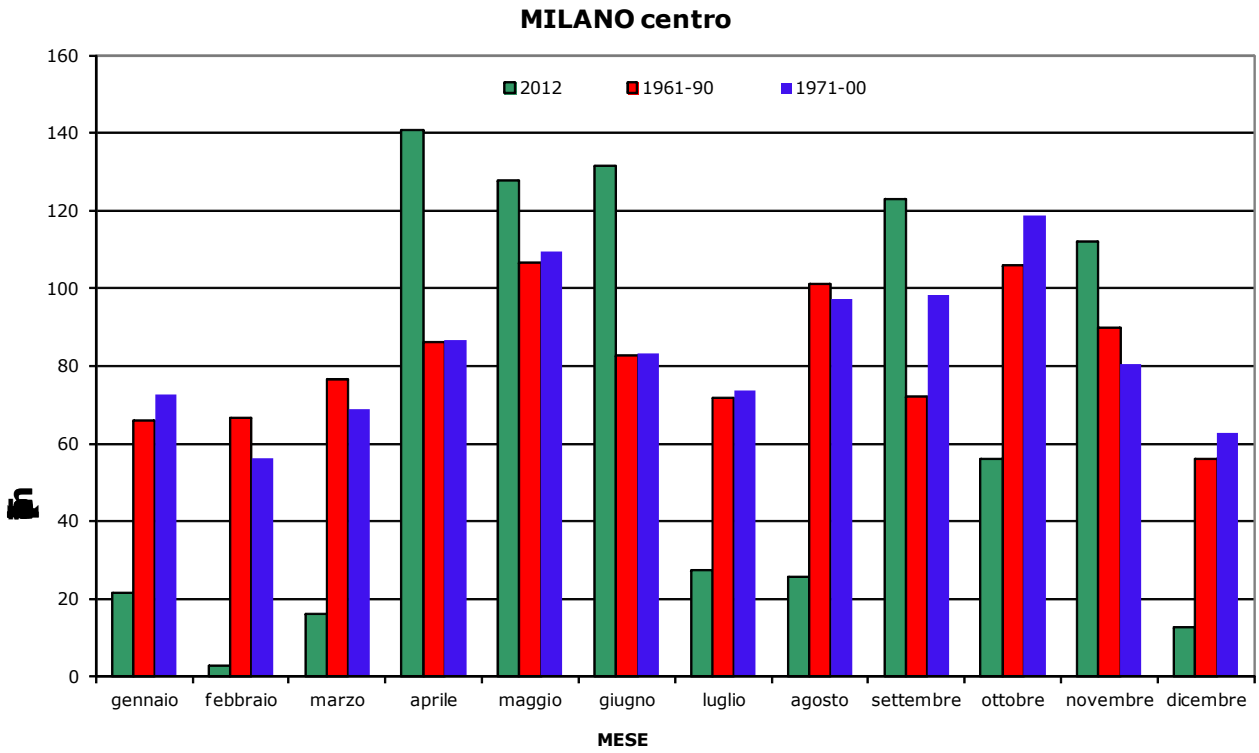
Il regime pluviometrico in Italia è molto vario, soprattutto a causa della presenza di ostacoli orografici di grande estensione e altitudine, come le Alpi e gli Appennini, ed a causa dell'estensione del territorio italiano nel senso della latitudine.
Le serie storiche rappresentative di piovosità in Italia non sono numerose e, per avere dati confrontabili significativi, completi e affidabili, si è fatto ricorso ai rilevamenti effettuati a Milano, Roma e Palermo, località caratteristiche di regimi pluviometrici del nord, del centro e del sud del nostro paese.
Nel 2007 i dati pluviometrici utilizzati si spingevano fino al 1996. In questa occasione le serie storiche sono state prolungate fino al 2012. Gli elaborati predisposti considerano i due periodi CLINO 1961-1990 e 1971-2000, i dati annuali dal 1997 al 2012 e per il 2012 i dati pluviometrici mensili, mettendo in relazione i dati rilevati nei centri urbani e quelli rilevati negli aeroporti.

5.1. Le precipitazioni a Milano

La piovosità annua a Milano è rappresentata nella figura seguente, in cui i dati provengono tutti dalla stazione meteorologica OMD del centro urbano.

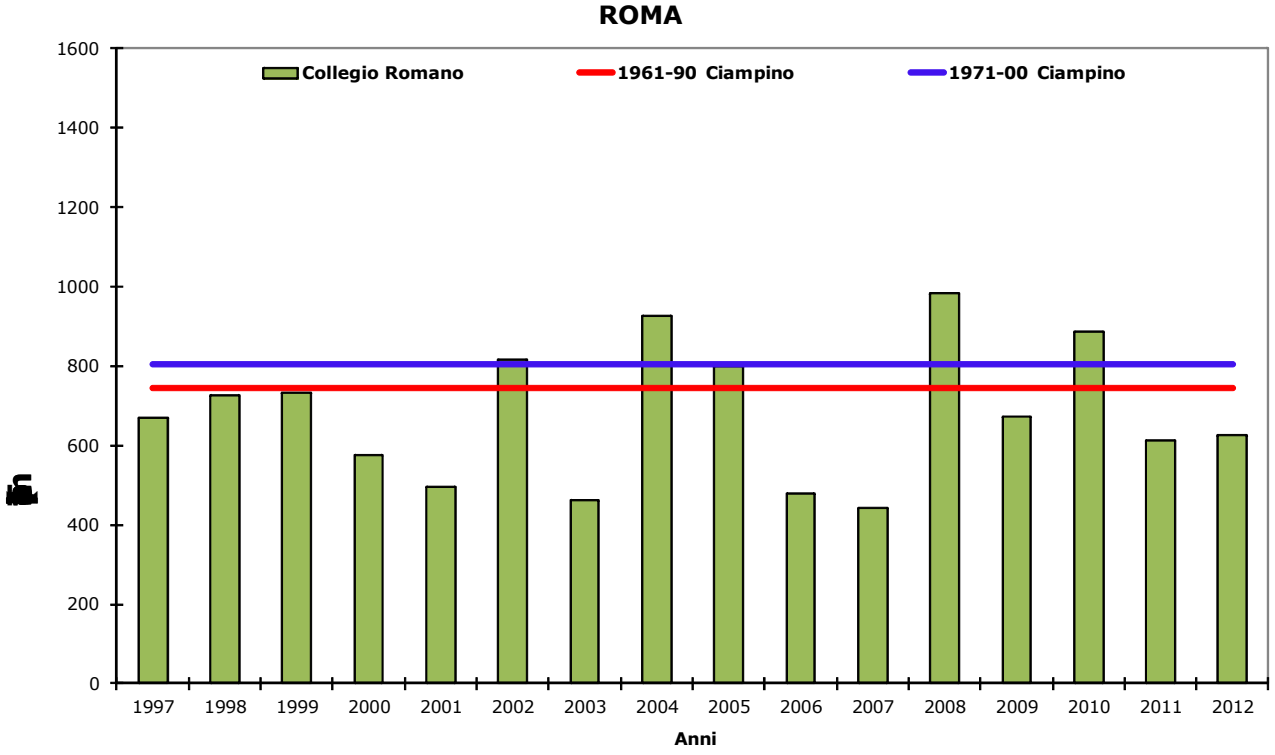


Nella figura è possibile notare che i valori Clino sono molto vicini, intorno ai 1000 mm annui. Nell'ultimo decennio invece sono nettamente prevalenti i regimi pluviometrici deficitari, con 8 casi su 10 di totale annuo di quantità di precipitazione inferiore alla norma. Ciò, se vogliamo, spiega almeno in parte la presenza di molti casi di disagio termico estivo, legati alle condizioni di afa che, com'è ben noto si possono avere prevalentemente in condizioni di tempo stabile.
Volendosi riferire alle condizioni estive particolari dell'estate del 2012, il confronto dei dati pluviometrici mensili dello stesso anno sono stati posti in relazione con la distribuzione annuale delle precipitazioni dei due periodi CLINO considerati. I risultati sono illustrati nella figura seguente.

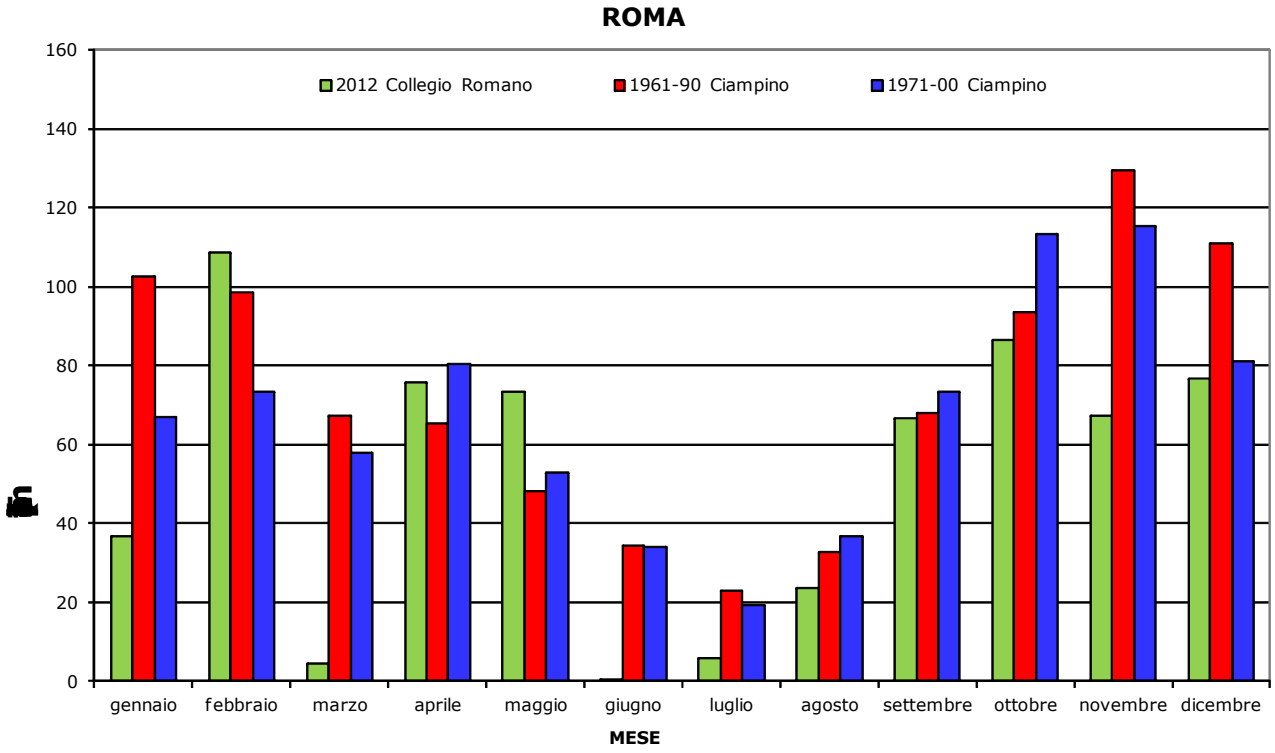


Dalla figura si può osservare che il 2012 è stato un anno complessivamente secco, pur conservando contributi più accentuati in primavera e in autunno, come di norma avviene a Milano. Sono invece piuttosto importanti le carenze idriche sia nel periodo estivo che in quello delle due fasi invernali. In particolare spiccano le carenze pluviometriche di luglio e agosto, da collegare ai regimi caldo-afosi.

5.1. Le precipitazioni a Roma

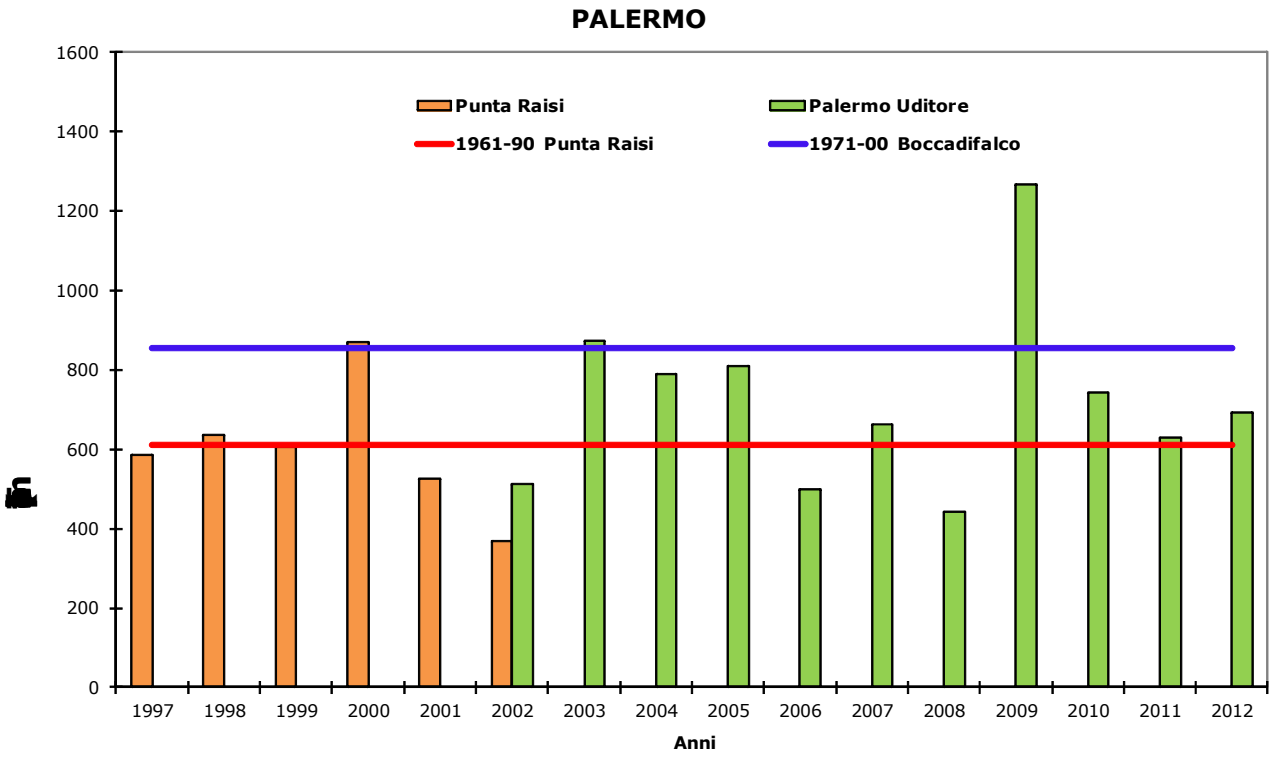


La piovosità annua a Roma è rappresentata nella figura precedente, in cui i dati recenti, dal 1997 al 2012, provengono dalla stazione meteorologica del Collegio Romano, mentre i riferimenti CLINO sono ricavati dai dati raccolti presso la stazione dell'Aeroporto di Ciampino.
Anche a Roma i valori CLINO per i due periodi trentennali sono piuttosto vicini, prossimi agli 800 mm. Anche qui , per il decennio più recente prevalgono, con riferimento ad entrambi i CLINO, gli anni poco piovosi, con 7 anni che non superano gli 800 mm di precipitazione.
Anche per Roma un confronto più dettagliato della piovosità del 2012 è effettuato mensilmente con i dati storici, ed è presentato nella figura seguente.
Pur non essendo così pronunciata come per Milano anche a Roma risulta evidente la carenza di precipitazioni sia nelle fasi fredde, specialmente in gennaio e marzo e, in maniera rilevante anche in giugno e luglio.

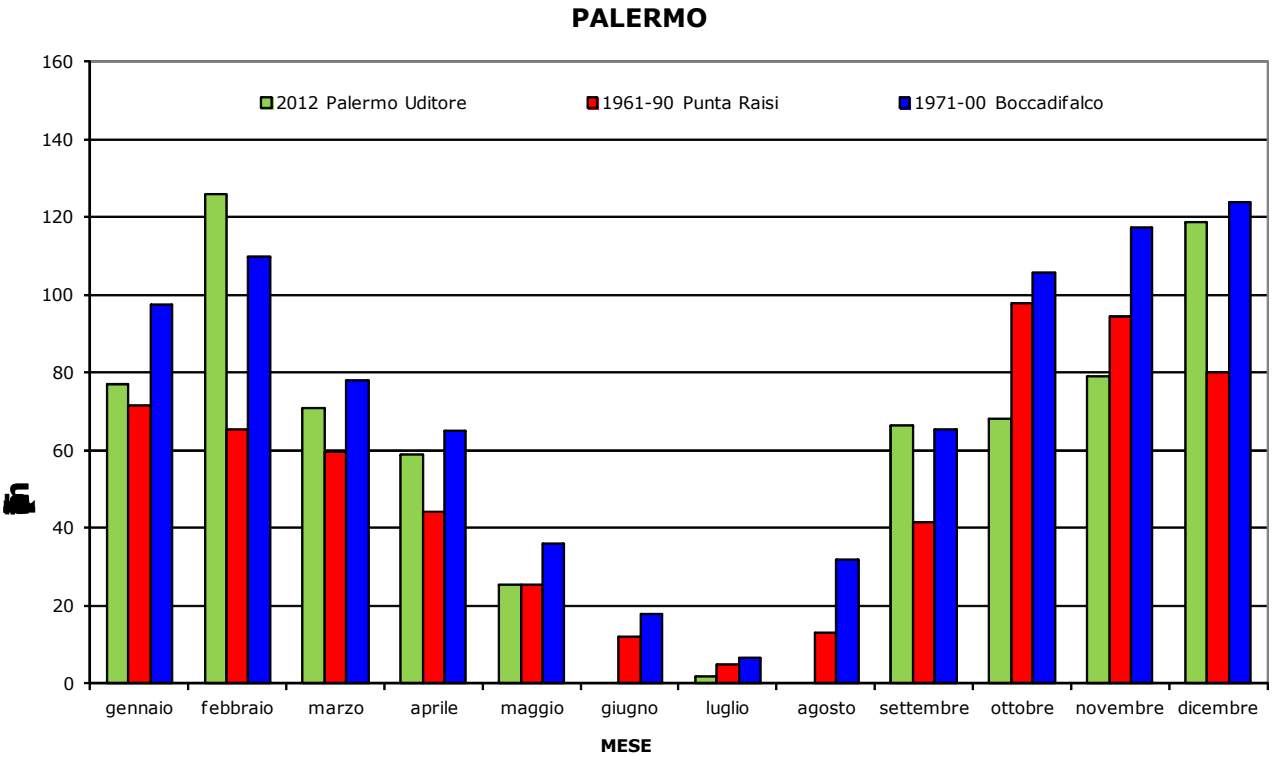


5.1. Le precipitazioni a Palermo

I dati storici di piovosità di Palermo sono stati acquisiti con maggiore difficoltà, per cui i due periodi CLINO provengono dai due aeroporti della città: per il periodo 1961-1990 i dati sono quelli dell'aeroporto di Punta Raisi, mentre per il periodo 1971-2000 si è fatto riferimento all'aeroporto di Bocca di Falco. Per i dati annui più recenti, dal 1997 al 2002 sono disponibili quelli di Punta Raisi mentre dal 2002 al 2012 sono stati utilizzati dati della stazione di Uditore del Sistema Informativo Agrometeorologico Siciliano.
Nella figura seguente le piovosità annue sono confrontate con i due periodo CLINO considerati.
Nell'ultimo decennio la piovosità di Palermo sembra più prossima alla norma anche se qualche perplessità nasce dal confronto con i valori normali CLINO, molto diversi tra loro, anche tenuto conto delle diverse collocazioni dei due aeroporti e al terreno complesso che caratterizza il sito di Punta Raisi.



Per quanto riguarda la pluviometria mensile del 2012, come si osserva dalla figura seguente, anche per Palermo la carenza idrica estiva è particolarmente pronunciata.
Spiccano in particolare i mesi di giugno e agosto in cui l'assenza di precipitazioni è stata totale.



© Tutti i diritti sono riservati a OMD, Climate Consultig Srl e LEGAMBIENTE

Lo studio o parti di esso non possono essere riprodotti in nessuna forma, senza l’approvazione scritta della OMD, Climate Consultig Srl e LEGAMBIENTE