

# CARATTERI TERMOMETRICI DELL'ITALIA MERIDIONALE

*Pierluigi Claps\**, *Canio Sileo\*\**

(\*) *Dipartimento di Idraulica, Trasporti ed Infrastrutture Civili, Politecnico di Torino*

(\*\*) *Dottore di Ricerca in Ingegneria Ambientale, Comune di Potenza*

## *SOMMARIO*

E' stata condotta un'analisi statistica sulle temperature medie mensili ed annue finalizzata alla caratterizzazione del regime termometrico nelle regioni dell'Italia Meridionale. Allo scopo, sono stati presi in considerazione dati di temperatura relativi ad 80 stazioni termometriche del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (S.I.M.N.), con almeno 20 anni di osservazioni e con distribuzione omogenea su tutto il territorio considerato, che copre circa 60.000 km<sup>2</sup>.

In prima istanza si è esaminata la dipendenza della temperatura media annua dalla quota e dalla latitudine, evidenziando l'esistenza di un legame lineare tra le tre grandezze. Si è poi considerato l'andamento della media mensile (regime termometrico), rappresentandolo attraverso una serie di Fourier con una sola armonica, in cui i due parametri di ampiezza e fase sono risultati correlati alla quota della stazione.

In base ai risultati ottenuti è possibile stimare le temperature medie mensili in un sito qualsiasi, interno alla regione considerata, solo in base alla quota ed alla latitudine. Dall'analisi degli errori di ricostruzione, che appaiono generalmente accettabili per le normali applicazioni, emerge l'opportunità di considerare, in futuri sviluppi del lavoro, aspetti legati alla morfologia del territorio.

***Parole chiave:*** *Temperatura, analisi statistica, Regime Termometrico, Italia Meridionale*

## ANALYSIS OF AIR TEMPERATURE REGIME IN SOUTHERN ITALY

*Pierluigi Claps\**, *Canio Sileo\*\**

(\*) *Dipartimento di Idraulica, Trasporti ed Infrastrutture Civili, Politecnico di Torino*

(\*\*) *Ph.D. in Environmental Engineering, Comune di Potenza.*

### *ABSTRACT*

A statistical analysis has been carried out on the average monthly and annual air temperatures in the regions of Southern Italy. The aim of the work is to highlight the main features of the thermal regime within the study area, covering approx. 60.000 km<sup>2</sup>. Data from 80 measuring stations of the Italian Hydrological Survey (SIMN) have been considered, with record length of at least 20 years. The average annual temperature has been linearly related to elevation and latitude of the measuring station. Dimensionless mean monthly temperatures (thermal regime) has been shown to be well reproduced by a one-harmonic Fourier series and phase and amplitude parameters have been in turn related linearly to the station elevation. Based on the results obtained the proposed model allows one to estimate average monthly temperatures in a generic site in the inland of the region using only elevation and latitude. A discussion on the sources of errors found in the application addresses morphological issues that are worth considering in a possible extension of this work to a wider region.

***Key words:*** *Temperature, statistical analysis, Thermal Regime, Southern Italy*

## 1. INTRODUZIONE

La temperatura dell'aria è, con la precipitazione, la grandezza di più agevole misurazione ai fini della determinazione della natura e della fisionomia del clima di una regione. I fattori che a più grande scala influenzano la distribuzione della temperatura sono (Susmel, 1990): *la posizione geografica* (latitudine) e, a parità di latitudine, *la posizione rispetto ai mari ed ai continenti*. Su scala locale hanno influenza i *fattori terrestri* (esposizione e morfologia del luogo), *atmosferici* (umidità, precipitazione, vento) e *marittimi* (configurazione e direzione delle coste e delle correnti marine).

Tra i fattori che regolano lo stato termico medio della superficie terrestre, quello più generale è la latitudine, che agisce sulla durata dell'insolazione e sulla intensità del flusso radiante. Tuttavia l'equatore termico, ossia l'insieme dei punti di più elevata temperatura media annua, non si trova in corrispondenza dell'equatore geografico, dove l'umidità dell'aria e la presenza di vaste zone oceaniche mantengono la temperatura media sotto 30°C, bensì intorno a 15° di latitudine Nord (Pinna, 1977). Procedendo a Nord verso il Polo, la temperatura si riduce, ma con variazioni non uniformi. La dislocazione delle grandi distese d'acqua e delle masse continentali dà infatti un andamento irregolare alla distribuzione delle isoterme. Il diverso calore specifico dei due mezzi, acqua e terra emersa, fa sì che l'acqua assorba l'energia radiante solare più lentamente della Terra e che la ceda in tempi più lunghi. Le grandi distese d'acqua fungono quindi da "condensatori" di calore, impedendo o mitigando le escursioni termiche stagionali o giornaliere, tipiche delle regioni continentali. Questo assicura ai paesi posti in riva al mare, o in sua vicinanza, una grande uniformità e costanza di temperatura, elevando alquanto la media termica annua, ma in special modo riavvicinando gli estremi.

La morfologia della crosta terrestre agisce globalmente sulla temperatura in funzione dell'altitudine, dell'esposizione e della pendenza. E' noto che negli strati più bassi dell'atmosfera la temperatura si abbassa in media di circa 0,6 °C ogni 100 metri di altezza (Sutton, 1971). La ragione della diminuzione della temperatura con l'aumentare dell'altezza si spiega con il fatto che gli strati più bassi dell'atmosfera sono i più caldi, in quanto l'effetto di riscaldamento esercitato dalla radiazione aumenta con la densità del mezzo attraversato, e per conseguenza gli strati inferiori essendo i più densi si riscaldano maggiormente. D'altra parte gli strati inferiori d'aria acquistano calore anche a causa del contatto con la superficie terrestre. La riduzione della densità conseguente al riscaldamento fa sì che le masse d'aria calda tendano a sollevarsi e, incontrando pressioni minori, in questo movimento ascensionale si dilatano e perdono calore (Visconti, 1989).

Considerata la morfologia generale del territorio dell'Italia Meridionale, nell'analisi effettuata si sono ritenute valide le considerazioni di dipendenza della temperatura media annua dall'altitudine e dalla latitudine, ritenendo trascurabile, in prima approssimazione, la dipendenza dalla posizione relativa delle stazioni rispetto al mare. Infatti nelle regioni meridionali, data la conformazione fisica della penisola italiana, la massima distanza dal mare non supera i 150 km. Se pur dovesse esserci

una qualche influenza, questa può essere facilmente inglobata nel parametro quota che, salvo casi eccezionali, risulta generalmente più alta nelle zone interne rispetto a quelle costiere. Ulteriori considerazioni su questo aspetto saranno esposte nel paragrafo seguente.

L'analisi qui presentata ha come scopo la definizione quantitativa degli aspetti di variabilità spaziale delle temperature medie mensili ad una scala tale da risultare significativa per analisi idrologiche regionali. In particolare, si sono ricercati legami tra regime termometrico e fattori geografici che consentano sia di ricavare stime di temperature medie in assenza di osservazioni, sia di applicare agevolmente metodi finalizzati alla stima distribuita di parametri idrologici dipendenti dalla temperatura (ad es. l'evapotraspirazione). Esistono in letteratura (es. Petrarca et al., 1999) indagini a vasta scala su grandezze climatiche, ma in esse non si esaminano le relazioni tra variabili climatiche e fattori geografici o morfologici del territorio.

La presente analisi si basa sull'utilizzo e la stima di grandezze supposte stazionarie. Nel caso della temperatura ciò suggerisce una riflessione sul ruolo che i recenti numerosi segnali di incremento della temperatura a scala globale (v. es. Hasselmann, 1997) possono avere sulla validità del risultato. Nell'ipotesi che gli effetti del possibile incremento della temperatura globale si esplichino uniformemente sul territorio considerato, ciò non andrebbe ad inficiare il principale risultato di questa analisi, che è uno schema interpretativo della variabilità spaziale delle temperature medie e del regime termometrico. Rispetto a questo risultato, un eventuale incremento uniforme della temperatura media potrebbe essere esplicitamente considerato quale fattore di scala nelle relazioni qui evidenziate. Va tuttavia aggiunto che le variazioni climatiche potrebbero comportare anche la modificazione del regime termometrico, con spostamento e modificazione dei minimi e dei massimi mensili. La considerazione di questi effetti, oggetto di studio da parte dei climatologi, esula comunque dagli scopi dell'analisi qui presentata.

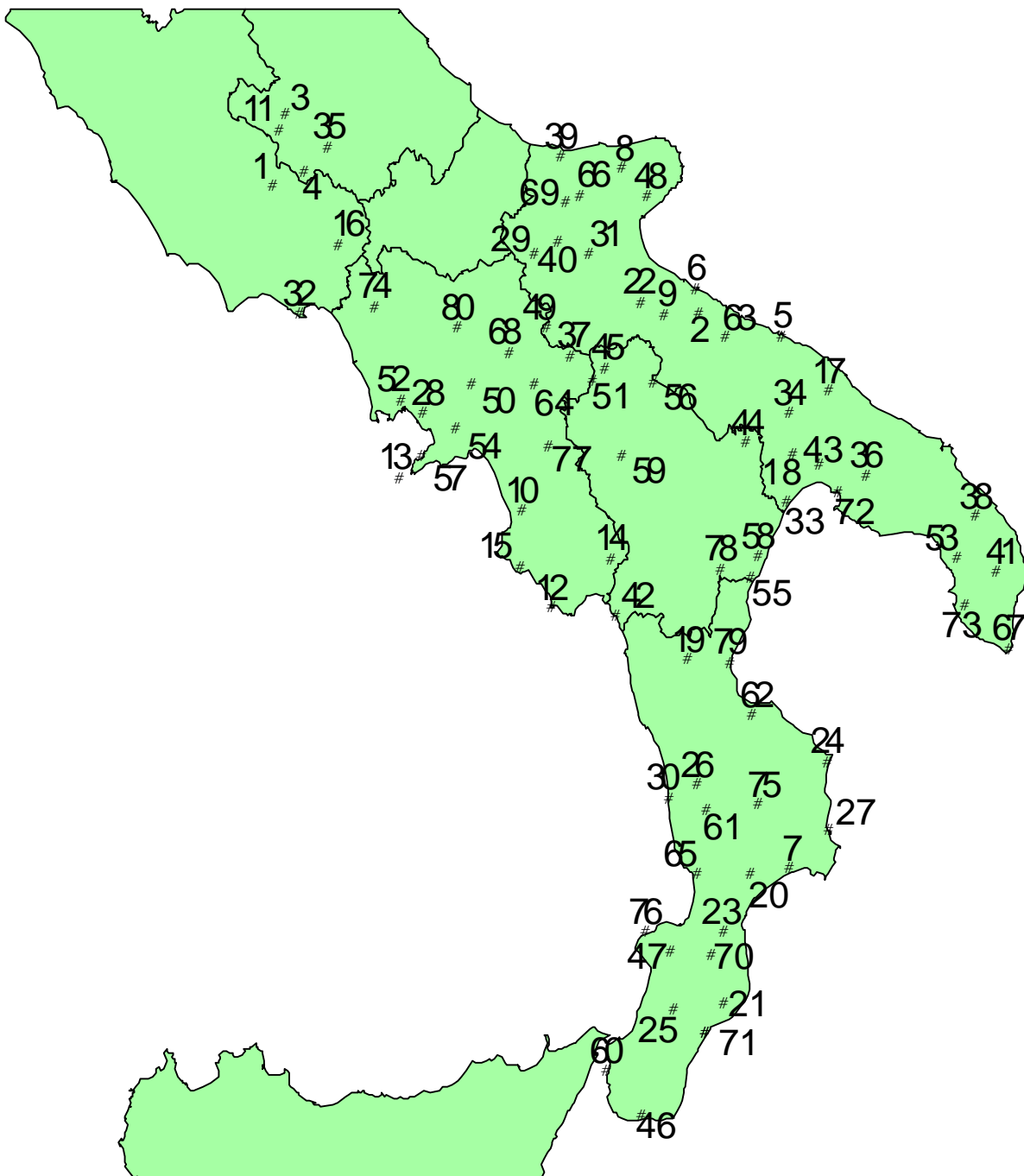
### **1.1 Area in esame e dati utilizzati**

L'area considerata nello studio è relativa alle regioni meridionali dell'Italia peninsulare (Campania, Puglia, Basilicata e Calabria). I dati di temperatura analizzati sono stati desunti dalle pubblicazioni del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (S.I.M.N.) relative ai Compartimenti di Catanzaro, Bari e Napoli, costituendo un archivio di dati termometrici aggiornato al 1993.

I dati utilizzati sono riportati in tabella 1 (fuori testo) e sono relativi a 80 stazioni termometriche con almeno 20 anni di funzionamento. La scelta del campione di stazioni da considerare nell'analisi è stata condotta anche in base ad esigenze di uniformità della densità spaziale dell'informazione termometrica, limitando lo studio a stazioni con un numero di anni sufficiente per stime climatologicamente significative.

E' necessario evidenziare che buona parte delle serie di maggiore lunghezza si riferiscono a stazioni urbane e che il numero di stazioni varia fortemente al crescere della quota, con circa il 75% del totale delle stazioni al di sotto dei 500 metri.

L'ubicazione delle stazioni all'interno della regione considerata è mostrata nella figura 1.



**Figura 1.** Ubicazione delle stazioni termometriche considerate.

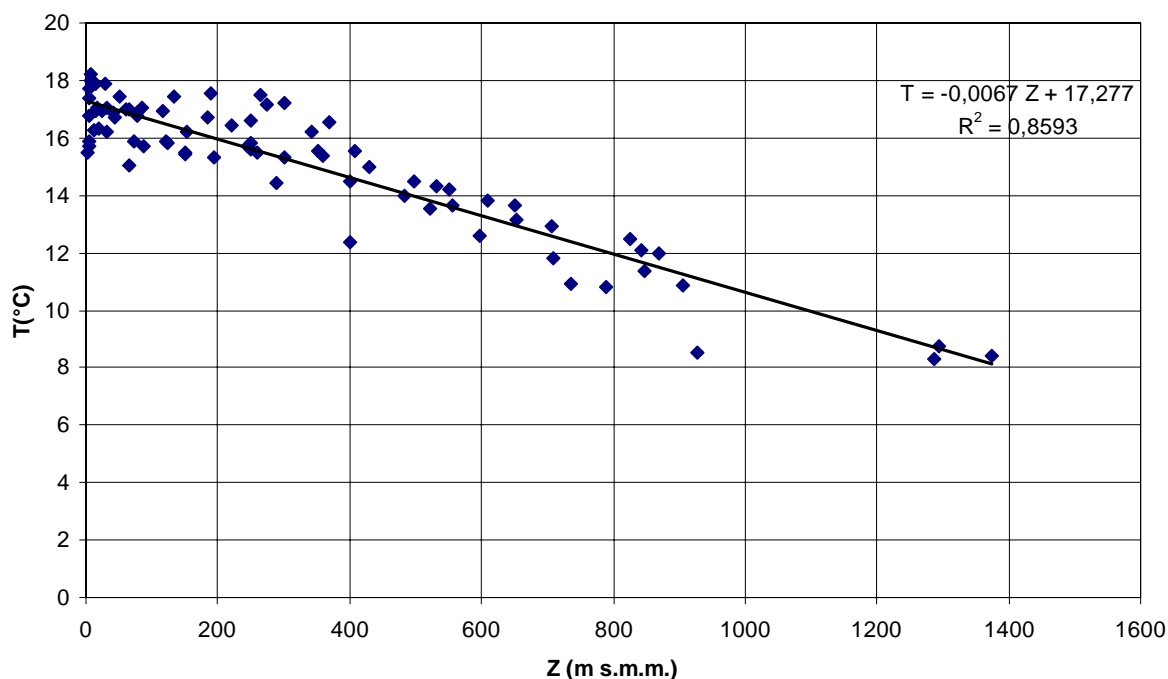
## 2. ANALISI DELLA TEMPERATURA MEDIA ANNUA

La temperatura media annua si presenta piuttosto variabile su tutto il territorio della regione considerata, presentando un incremento molto accentuato nel passare dalle zone interne a quelle costiere ed una diminuzione apprezzabile, a parità di quota, con l'aumentare della latitudine.

In una prima fase si è valutata la correlazione tra temperatura e quota in tutta la zona di interesse, ottenendo il risultato presentato in figura 2.

Come si può notare dalla figura, il legame  $\bar{T}$ -Z è molto evidente, ma la regressione non presenta un adattamento particolarmente brillante, in quanto si scostano abbastanza dall'andamento lineare molte stazioni prossime al mare. Inoltre, stazioni ubicate in valli strette e profonde o su piccoli altopiani dominati da rilievi vicini (es. Balsorano, Serra San Bruno) presentano forti scarti negativi rispetto alla relazione lineare.

Le stazioni sulla costa, confrontate con altre a quota bassa ma interne, presentano delle temperature medie sensibilmente più elevate. Questa circostanza, dovuta all'effetto moderatore del mare, potrebbe essere tenuta in conto esplicitamente. In generale, però, i dati delle stazioni sulla costa hanno poca importanza ai fini della determinazione di grandezze caratteristiche di un bacino idrografico, essendo il loro effetto limitato alla zona della foce. Per questo motivo si è deciso di escludere le stazioni costiere dall'analisi, rimandando ad un più generale approccio, che ad esempio includa le aree continentali, l'esame dell'effetto della distanza dal mare sul regime termometrico.

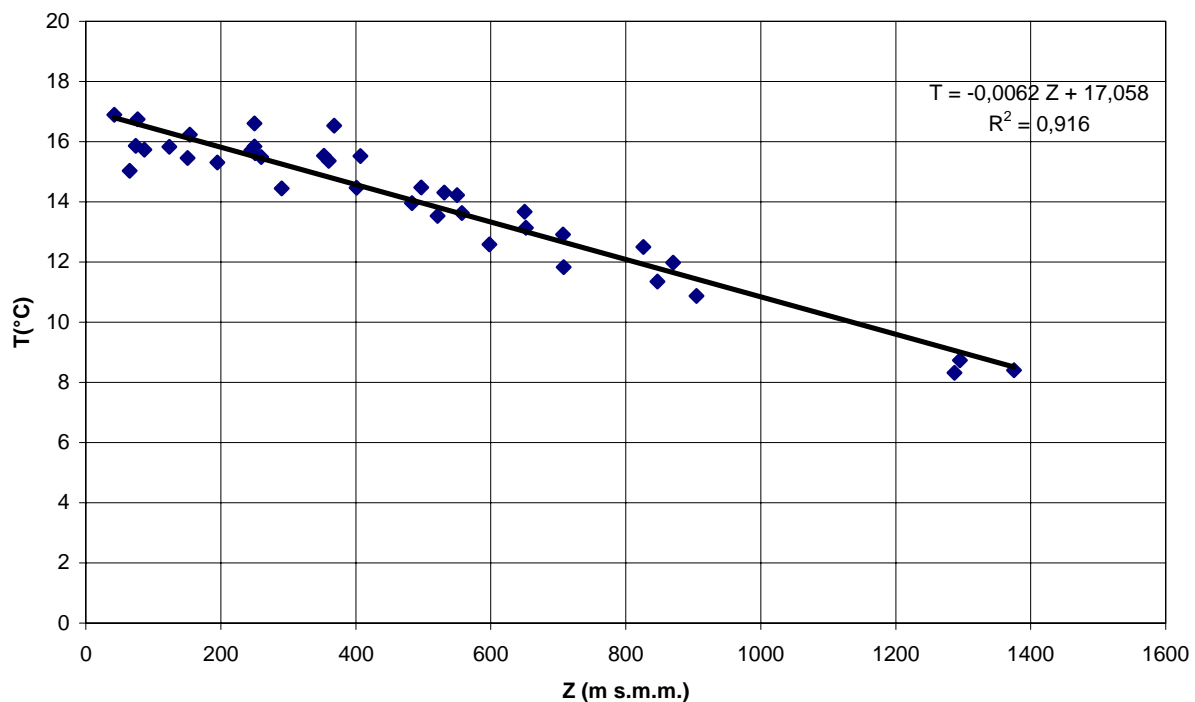


**Figura 2.** *Regressione lineare della temperatura media annua con la quota (tutte le stazioni).*

L'esclusione delle stazioni costiere è stata effettuata in base ad un criterio di distanza minima dalla linea di costa (10 km), non potendosi definire un criterio di esclusione solo sulla base della quota. Ciò a causa della presenza di stazioni (per es. Maratea, Piano di Sorrento) che si trovano a ridosso della costa ma con quota relativamente elevata.

Il secondo gruppo di stazioni, che comprende: Balsorano, Capistrello, S. Pietro Avellana e Serra S. Bruno, presenta invece “anomalie” nella relazione temperatura – quota a causa della presenza dei rilievi circostanti. Infatti in questi punti le temperature risultano molto basse in rapporto alla quota

delle stazioni, a causa dei fenomeni di inversione termica tipici delle morfologie concave (v. es. Susmel, 1990, p. 178). L'esame degli effetti sulla temperatura derivanti dalla presenza di "chiusure" morfologiche esula dagli scopi del presente lavoro e sarà oggetto di futuri approfondimenti. Si è ritenuto quindi opportuno escludere le stazioni citate dall'analisi qui effettuata, in modo da evidenziare più chiaramente le relazioni tra temperatura e fattori geografici nella generalità delle zone appartenenti al dominio considerato. Per le zone escluse sarà comunque specificato il margine di errore derivante dall'applicazione della relazione ottenuta sulla restante parte della regione. A seguito dell'esclusione del gruppo di stazioni di cui si è riferito, sulle restanti 38 stazioni è stata nuovamente stimata la relazione lineare, che si presenta sicuramente più efficiente, come si può riscontrare in figura 3.



**Figura 3.** *Regressione della temperatura media annua con la quota (solo stazioni 'interne').*

La relazione quota-temperatura si presenta quindi nella forma:

$$\bar{T} = 17.06 - 0.0062 \cdot Z \quad (1)$$

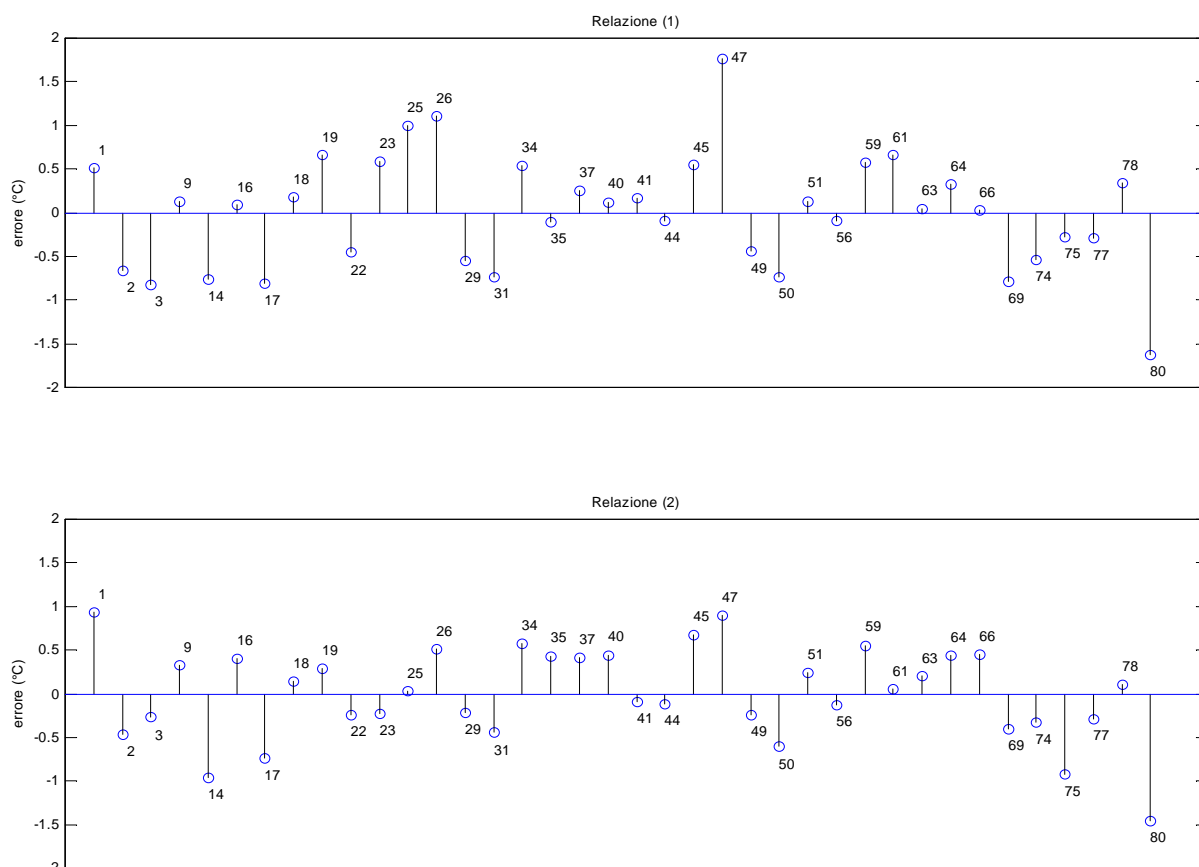
In un secondo momento si è valutata la dipendenza della temperatura anche dalla latitudine. Si è ricercata ancora una relazione lineare e la stima dei parametri del modello di regressione multipla ha condotto alla relazione:

$$\bar{T} = 33.73 - 0.0063 \cdot Z - 0.4091 \cdot Lat \quad (2)$$

in cui *Lat* indica la latitudine in gradi sessadecimali. La regressione è ottenuta con coefficiente di determinazione  $R^2=0.9455$ . L'errore standard del coefficiente relativo alla latitudine è pari a 0.0095, per cui tale grandezza si conferma significativa rispetto alla rappresentazione della variabile  $\bar{T}$ .

In figura 4 sono rappresentati i residui delle relazioni (1) e (2) riferiti alle stazioni considerate. La figura evidenzia come l'uso dell'informazione relativa alla latitudine migliori sensibilmente la qualità del risultato. Per la seconda relazione l'errore assoluto massimo è contenuto entro 1 °C, tranne che nella stazione di Vitulazio (cod. 80) che presenta un consistente scarto negativo non spiegabile con i criteri innanzi descritti.

In definitiva, la relazione (2) rappresenta uno strumento accettabile per la determinazione della temperatura media annua nelle zone interne dell'Italia Meridionale, ferme restando le prescrizioni innanzi accennate riguardo alle aree a morfologia concava ed all'ampiezza della fascia costiera.

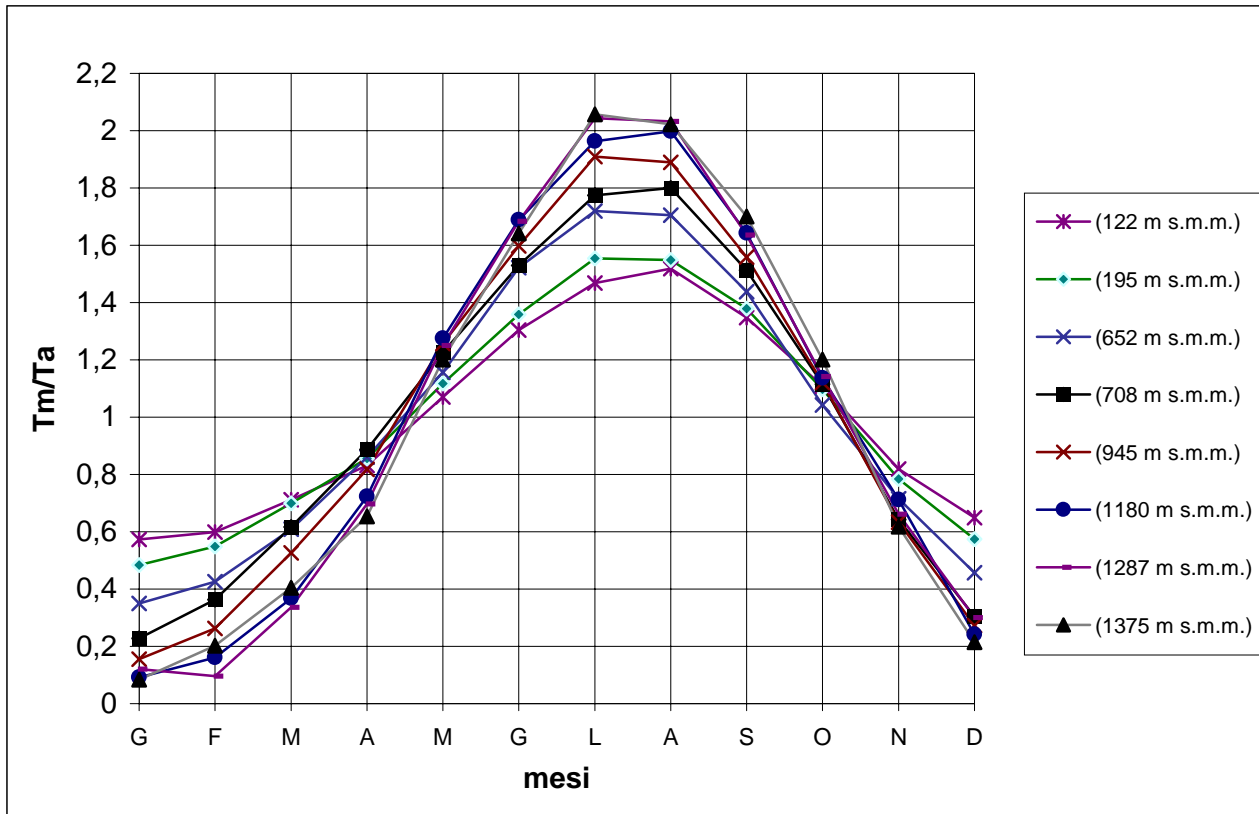


**Figura 4.** Confronto tra i residui della regressione lineare (1) e della regressione multipla (2). I codici numerici indicano le stazioni di Tab.1 effettivamente considerate (v.a.Tab 2).



### 3. ANALISI DELLA TEMPERATURA MEDIA MENSILE

All'interno del territorio considerato il regime termometrico, inteso come andamento delle medie mensili normalizzate, risulta di andamento piuttosto uniforme, con minimo nel mese di Gennaio e massimo tra Luglio ed Agosto. Tuttavia, esaminando selettivamente stazioni con quote molto diverse, si nota che esistono variazioni sistematiche e consistenti della forma del regime, che indicano un appiattimento dello stesso al decrescere delle quote (figura 5). Ciò si spiega con il fatto che nelle regioni appenniniche la diminuzione della quota comporta di solito l'approssimarsi alla costa, con conseguenti effetti dovuti all'azione termoregolatrice del mare.



**Figura 5.** Regimi termometrici di stazioni a quote variabili ( $T_m$  = Temperatura media mensile,  $T_a$  = Temperatura media annua).

La forma del regime termometrico è intuitivamente rappresentabile attraverso una serie di Fourier, del tipo:

$$f(t) = A_0 + \sum_{n=1}^N A_n \cos\left(\frac{2\pi n}{\tau} t + \Phi_n\right) \quad (3)$$

(dove:  $N$  = numero delle armoniche;  $A_0$  = media di  $f(t)$  sul periodo  $\tau$ ;  $A_n$  = ampiezza;  $\Phi_n$  = fase) legando i coefficienti ai parametri di quota e latitudine.

La funzione  $f(t)$  rappresenta la variabile adimensionale ottenuta dal rapporto tra la temperatura media nel mese  $t$  e quella media annua.

Vista la buona regolarità stagionale della variabile appare sufficiente fermarsi al primo termine dello sviluppo in serie, considerando la relazione:

$$f(t) = 1 + A \cos\left(\frac{2\pi}{\tau}t + \Phi\right), \quad (4)$$

sviluppando la quale si ottiene:

$$A \cos\left(\frac{2\pi}{\tau}t + \Phi\right) = A \cos\left(\frac{2\pi}{\tau}t\right) \cos(\Phi) - A \sin\left(\frac{2\pi}{\tau}t\right) \sin(\Phi) \quad (5)$$

Da cui, se le grandezze indipendenti da  $t$  si indicano con  $B = A \cos(\Phi)$  e  $C = -A \sin(\Phi)$  si ha:

$$f(t) = 1 + B \cos\left(\frac{2\pi}{\tau}t\right) + C \sin\left(\frac{2\pi}{\tau}t\right) \quad (6)$$

A questo punto, per il sottoinsieme di stazioni considerate sono stati stimati i parametri  $B$  e  $C$  con il metodo dei minimi quadrati, adattando al regime termometrico locale la sinusoide di eq. (6). Le stime ottenute sono riportate in tabella 2 (fuori testo).

La valutazione del peso dei fattori quota e latitudine sul grado di “appiattimento” del regime termometrico è stata fatta correlando queste grandezze ai valori  $B$  e  $C$  di Tabella 2.

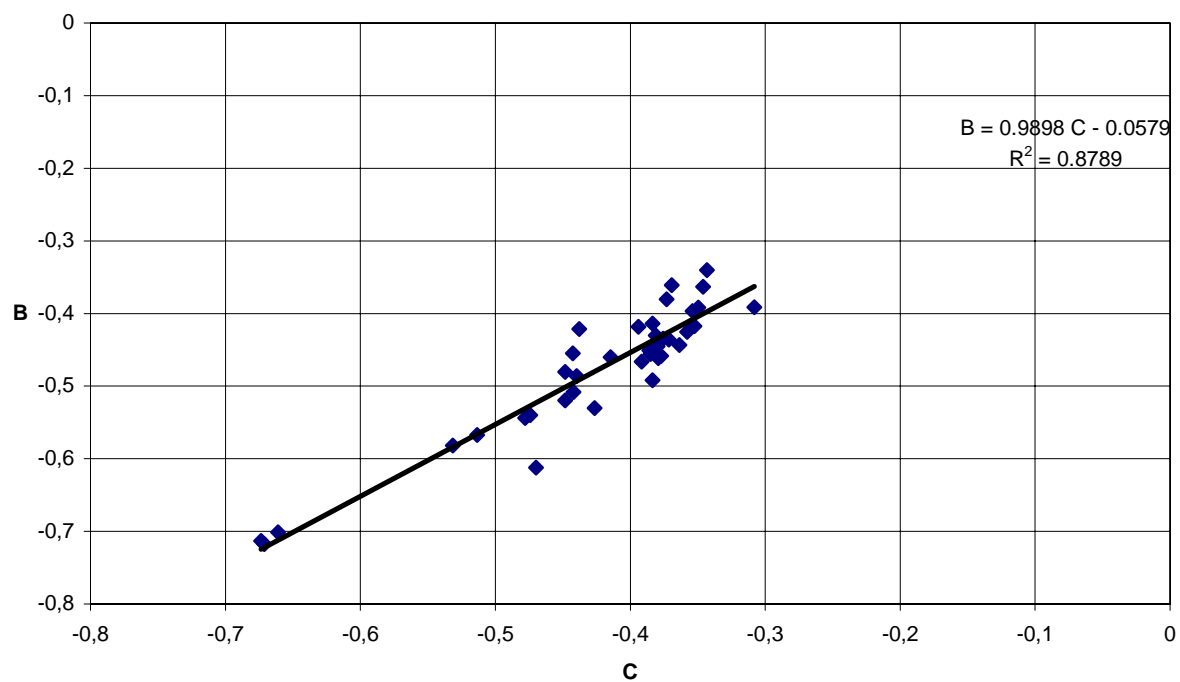
A tale scopo si è prima evidenziata la relazione tra i coefficienti stessi, dal momento che i parametri  $B$  e  $C$  sono ovviamente fortemente correlati tra loro (vedi figura 6). Successivamente, si è provato a legare cosa che comporta la possibilità di legare uno solo di essi alle due grandezze geografiche. In questo caso non è emersa l’influenza del fattore latitudine, per cui si è usata la sola relazione  $C$  – quota, che è quella caratterizzata dall’adattamento migliore (figura 7).

Le relazioni ottenute sono quindi le seguenti:

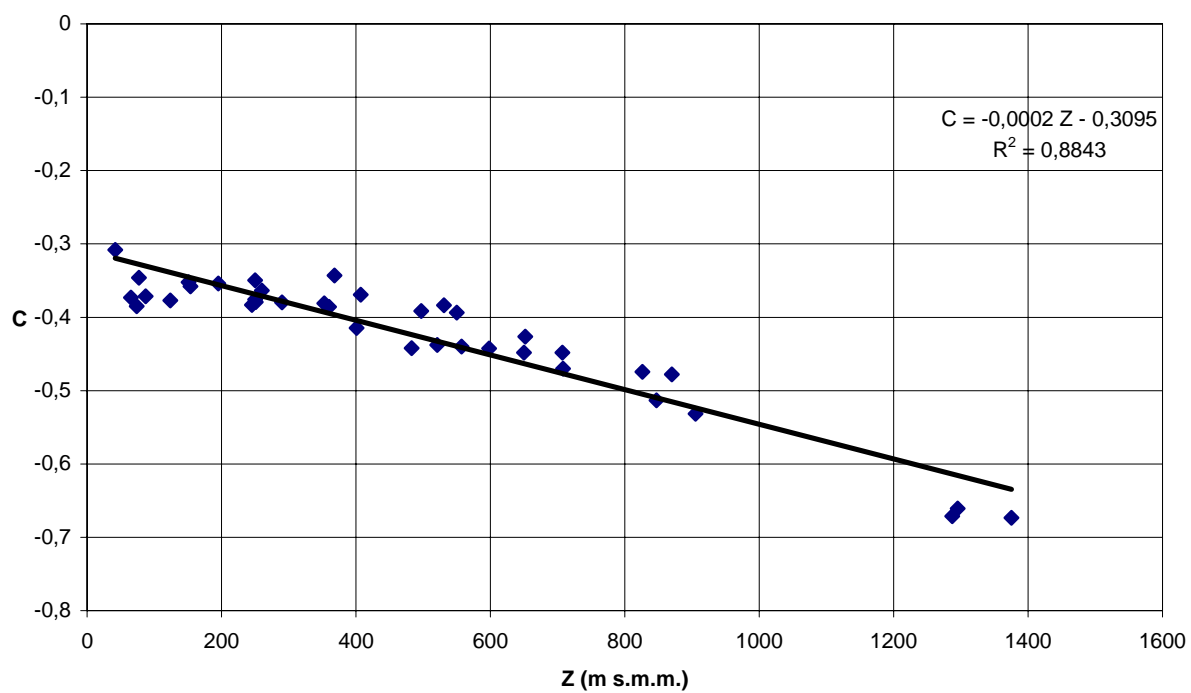
$$B = -0.0579 + 0.990 \cdot C \quad (7)$$

$$C = -0.3095 - 0.000236 \cdot Z$$

e per esse, come si vede anche dalle figure 6 e 7, i coefficienti di correlazione sono operativamente accettabili.



**Figura 6.** *Regressione lineare tra i parametri B e C del regime termometrico descritto dalla (6).*



**Figura 7.** *Regressione lineare del parametro C con la quota Z.*

#### 4. ESEMPIO DI APPLICAZIONE ED ANALISI DEI RISULTATI

Per esemplificare la modalità di applicazione del procedimento fin qui esposto è stato ricostruito il regime termometrico di una stazione in base a quota e latitudine, e confrontato con il regime osservato. La stazione presa a riferimento è quella di Cassino, le cui caratteristiche sono desumibili dalla tabella 1 (fuori testo). In particolare, risulta  $Z = 42 \text{ m s.m.m.}$  e  $Lat = 41.50^\circ$ .

In primo luogo è stata calcolata la media annua, in funzione della quota e della latitudine, secondo il modello lineare (2):

$$\bar{T} = 33.73 - (0.0063 \cdot 42) - (0.4091 \cdot 41.5) = 16.49 \text{ }^\circ\text{C},$$

Al valore così ottenuto corrisponde un errore pari a  $0.40 \text{ }^\circ\text{C}$  rispetto a quello osservato. Per quanto riguarda le temperature medie mensili, calcolando il parametro  $C$  in funzione della quota:

$$C = -0.3095 - 0.000236 \cdot 42 = -0.3194$$

e  $B$  in funzione di  $C$ :

$$B = -0.0579 + 0.990 \cdot (-0.3194) = -0.3740$$

si ottiene l'espressione completa del regime termometrico:

$$f(t) = 1 - 0.3740 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\tau} t\right) - 0.3194 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\tau} t\right)$$

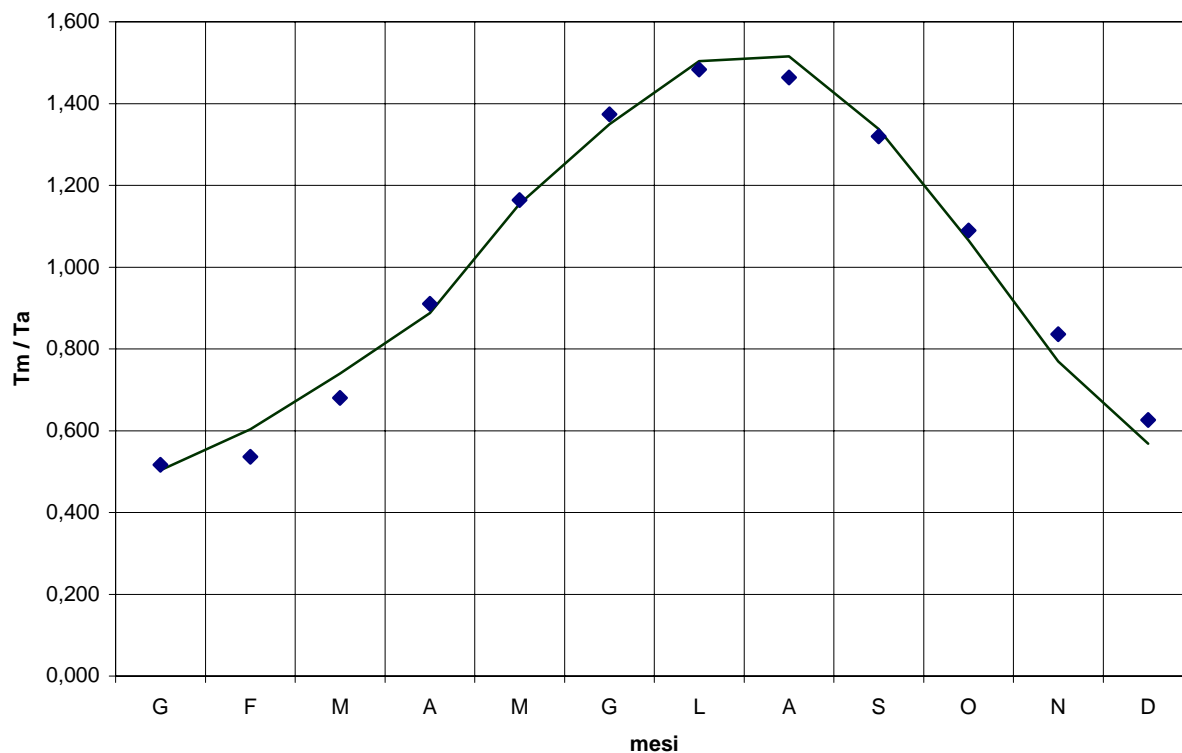
da cui, per  $\tau=12$  e per  $t$  variabile da 1 a 12 si ricavano singoli valori mensili adimensionalizzati rispetto a  $\bar{T}$ , riportati in tab. 3 e rappresentati in figura 8.

	<b>G</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>G</b>	<b>L</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>
Valori Osservati	0.516	0.536	0.681	0.910	1.164	1.374	1.484	1.464	1.319	1.090	0.836	0.626
Valori Simulati	0.503	0.604	0.740	0.888	1.154	1.350	1.504	1.516	1.338	1.066	0.770	0.568

**Tabella 3.** *Stazione di Cassino: ricostruzione del regime termometrico (temperature medie mensili adimensionalizzate).*

Ripetendo questa procedura per tutte le 80 stazioni inizialmente considerate, sono state ottenute le stime di  $\bar{T}$  e dei 12 rapporti costituenti il regime termometrico. In Tab. 4 (fuori testo) sono stati riportati gli errori relativi sulla media, risultanti dall'applicazione della (2), l'errore quadratico

medio (*RMSE*, root mean square error) di ricostruzione dei 12 valori medi mensili ed il massimo errore relativo nell'ambito dei 12 mesi. Dal confronto di questi indici di errore si deduce anche l'entità dello scostamento in termini di solo regime termometrico. Quest'ultimo può essere messo in relazione alla differenza tra il *RMSE* complessivo ed il valore assoluto dell'errore sulla media risultando, ad esempio, molto piccolo a Trepidò e ragguardevole a Cittanova.



**Figura 8.** Confronto tra il regime termometrico medio stimato (linea continua) attraverso le relazioni (7) e valori osservati (punti) per la stazione di Cassino.

Dall'esame degli errori derivanti dall'applicazione del modello di regressione adottato si rileva come gli scostamenti più rilevanti rispetto alla media generale sono a carico delle stazioni poste all'interno delle conche morfologiche (es. Serra S. Bruno) e di stazioni poste sul mare (es. Capri). Va anche segnalato che tra le stazioni effettivamente considerate (Tab. 2 fuori testo) quelle poste a Vitulazio, Casalbuono e Mileto presentano errori particolarmente elevati, tali da aprire ulteriori spazi di approfondimento sull'effetto di altre componenti morfologiche (ad es. orientamento delle vallate). D'altra parte, il quadro complessivo degli errori di ricostruzione vede 41 stazioni con *RMSE* inferiore ad 1 °C, di cui 26 appartenenti al gruppo selezionato di Tab 2. Considerando che tre delle quattro stazioni 'fredde', escluse dall'analisi, si trovano ai primi 5 posti in quanto ad errore quadratico medio, pare evidente che l'effetto morfologico relativo alle valli strette vada esplicitamente considerato in futuro.

Meno semplice appare la considerazione degli effetti sul microclima delle condizioni della costa, dal momento che gli errori ottenuti sulle stazioni prossime al mare risultano molto diversificati. Si ribadisce tuttavia che, in relazione agli obiettivi idrologici da cui questo lavoro prende spunto, sono senz'altro tollerabili incertezze sulla descrizione delle caratteristiche termometriche della fascia costiera.

## **6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

L'analisi qui condotta, sui dati di 80 stazioni termometriche dell'Italia Meridionale, ha evidenziato relazioni che permettono di ricostruire il regime termometrico di un punto interno alla regione sulla base delle informazioni relative a quota e latitudine.

Nell'intento di esplorare relazioni di semplice applicazione che forniscano risultati tecnicamente accettabili, si è rapportata la variabilità della temperatura media generale della stazione ai soli parametri di quota e latitudine, escludendo altri fattori geografici e morfologici. Ciò ha richiesto l'esclusione di stazioni poste all'interno di una fascia costiera di 10 km e quelle poste all'interno di valli o conche strette e profonde (Balsorano, Capistrello, S. Pietro Avellana e Serra S. Bruno), la cui presa in considerazione richiederebbe una ben più onerosa indagine ed una più complessa modalità di applicazione. Ai fini della gran parte delle esigenze che generalmente si pongono nelle analisi climatiche a scala di bacino, queste esclusioni non sembrano tuttavia inficiare in modo particolare l'utilità delle relazioni trovate. Quanto alla variabilità mensile delle temperature, è stato incorporato nel modello l'aspetto legato all'appiattimento del regime al diminuire della quota, caratteristica suffragata in maniera esauriente dai dati disponibili.

Sembra pertanto di poter concludere che il risultato qui conseguito possa costituire uno strumento di pronto utilizzo nelle regioni dell'Italia Meridionale e, nello stesso tempo, la base per un approfondimento che includa parametri morfologici e di "continentalità", fondamentali per una sua estensione all'intero territorio nazionale.

## **BIBLIOGRAFIA**

Hasselmann K., Are we seeing global warming? *SCIENCE*, vol 276, 9 May, 914-915, 1997.

Pinna M., *Climatologia*, Utet, 1977.

S. Petrarca, F. Spinelli, E. Cogliani, M. Mancini, Profilo climatico dell'Italia, (7 voll.), ENEA, 1999.

Susmel L., *Principi di Ecologia: Fattori Ecologici, Ecosistemica, Applicazioni*, CLEUP, II ed. 1990.

Sutton O.G., *Previsione e controllo del clima: la nuova Meteorologia*, Ed. Scientifiche e tecniche, Mondadori, 1971.

Visconti G., *L'Atmosfera*, Garzanti, 1989.

ID	Stazione	Bacino	Quota (m s.m.m.)	T Media (°C)	Latitudine	Longitudine	Anno inizio serie
1	Alatri	Sacco a Liri	497	14.48	41.73	13.35	1882
2	Andria	Murge	151	15.46	41.22	16.30	1929
3	Avezzano	Lago Fucino	708	11.83	42.03	13.44	1885
4	Balsorano	Liri a Sacco	400	12.34	41.80	13.57	1965
5	Bari(Oss.)	Murge	12	16.28	41.12	16.87	1886
6	Barletta	Murge	20	16.33	41.32	16.29	1929
7	Botricello	Tra Tacina e Alli	18	17.07	38.93	16.87	1931
8	Cagnano Varano	Lago di Varano	150	15.51	41.82	15.79	1939
9	Canosa di Puglia	Ofanto	154	16.23	41.22	16.07	1951
10	Capaccio	Capodifiume e Solofrone	430	14.96	40.42	15.09	1929
11	Capistello	Liri a Fucino	735	10.94	41.97	13.39	1960
12	Capo Palinuro	Minori a M. Foce Iambro	184	16.71	40.02	15.29	1963
13	Capri	Isole	264	17.48	40.55	14.25	1960
14	Casalbuono	Tanagro a Conf. F. Bianco	598	12.58	40.22	15.69	1971
15	Casalvelino	Tra Agropoli e Alento F.	189	17.54	40.18	15.07	1932
16	Cassino	Liri a Gari	42	16.89	41.50	13.82	1958
17	Castellana Grotte	Murge	290	14.45	40.88	17.19	1958
18	Castellaneta	Lato	245	15.71	40.63	16.94	1877
19	Castrovillari	Crati	353	15.53	39.80	16.20	1925
20	Catanzaro	Tra Alli e Corace	343	16.23	38.92	16.60	1922
21	Caulonia	Allaro	275	17.18	38.38	16.42	1925
22	Cerignola	Lago Salso e Salpi	124	15.83	41.27	15.90	1929
23	Chiaravalle cent.	Tra Corace e Ancinale	550	14.23	38.68	16.42	1925
24	Cirò marina	Tra Trionto e Neto	6	17.73	39.37	17.14	1928
25	Cittanova	Tra Petrace e Mesima	407	15.52	38.37	16.09	1924
26	Cosenza	Crati	250	16.61	39.28	16.25	1925
27	Crotone	Tra Neto e Tacina	6	17.38	39.08	17.14	1925
28	Ercolano	Tra Sebeto e T. del Greco	610	13.82	40.82	14.40	1928
29	Faeto (S.Vito)	Candelaro	905	10.88	41.47	15.17	1934
30	Fiumefreddo	Tra Savuto e Abatemarco	220	16.41	39.23	16.07	1925
31	Foggia (Oss.)	Candelaro	74	15.86	41.47	15.55	1886
32	Gaeta	Sperlonga a Formia	32	17.05	41.22	13.55	1924
33	Ginosa Marina	Galaso	5	15.70	40.43	16.89	1920
34	Gioia del Colle	Murge	360	15.36	40.80	16.92	1934
35	Gioia Vecchio	Lago Fucino	1375	8.41	41.96	13.74	1920
36	Grottaglie	Penisola Salentina	133	17.42	40.53	17.44	1929
37	Lacedonia	Ofanto	707	12.92	41.05	15.42	1929
38	Lecce	Penisola Salentina	78	16.86	40.35	18.17	1886
39	Lesina	Lago di Lesina	5	15.87	41.87	15.35	1934
40	Lucera	Candelaro	251	15.62	41.52	15.34	1929

**Tabella 1.** *Caratteristiche delle stazioni termometriche considerate*

ID	Stazione	Bacino	Quota (m s.m.m.)	T Media (°C)	Latitudine	Longitudine	Anno inizio serie
41	Maglie	Penisola Salentina	77	16.75	40.12	18.30	1908
42	Maratea	Abetermarco, Lao, Castrocucco	300	15.30	39.98	15.72	1925
43	Massafra	Murge	116	16.95	40.58	17.12	1958
44	Matera	Bradano	401	14.47	40.68	16.62	1925
45	Melfi	Ofanto	531	14.31	41.00	15.65	1924
46	Melito Porto Salvo	F.ra di Melito	7	15.79	37.92	15.79	1935
47	Mileto	Mesima	368	16.53	38.60	16.07	1924
48	Monte S. Angelo	Bacini vari	843	12.12	41.70	15.95	1932
49	Monteleone di Puglia	Ofanto	847	11.35	41.17	15.25	1927
50	Montevergine	Sabato-Tammaro Conf. Cal.	1287	8.32	40.93	14.74	1886
51	Monticchio Bagni	Ofanto	652	13.14	40.95	15.57	1929
52	Napoli	Napoli e Sebeto	30	17.91	40.87	14.25	1908
53	Nardò	Penisola Salentina	43	16.71	40.18	18.04	1934
54	Nocera inferiore	Sarno (intero bacino)	84	17.07	40.75	14.64	1928
55	Nova Siri Scalo	Tra Sinni e Saraceno	2	15.50	40.13	16.64	1936
56	Palazzo S. Gervasio	Bradano	483	13.96	40.63	14.40	1925
57	Piano di Sorrento	Tra Sarno e P. Campanella	122	15.88	40.93	15.99	1924
58	Policoro	Agri	31	16.22	40.22	16.69	1959
59	Potenza	Basento	826	12.50	40.63	15.77	1922
60	Reggio Calabria	Tra F. di Melito e F. di Gallico	15	17.89	38.12	15.64	1865
61	Rogliano	Savuto	650	13.68	39.18	16.32	1984
62	Rossano	Tra Crati e Trionto	300	17.20	39.57	16.64	1925
63	Ruvo di Puglia	Murge	260	15.49	41.12	16.49	1930
64	S. Angelo dei Lomb.	Ofanto	870	11.98	40.93	15.17	1939
65	S. Eufemia Lametia	Amato	25	16.95	38.92	16.25	1933
66	S. Giovanni Rotondo	Lago Salso e Salpi	557	13.63	41.70	13.63	1924
67	S. Maria di Leuca	Penisola Salentina	65	16.98	39.80	18.37	1930
68	S. Pietro Avellana	Volturmo a Lete	927	8.53	41.79	14.18	1972
69	S. Severo	Candelaro	87	15.73	41.68	15.39	1929
70	Serra S. Bruno	Ancinale	790	10.82	38.58	16.34	1926
71	Siderno Marina	Tra Turbolo e Bonamico	7	18.21	38.27	16.29	1937
72	Taranto	Penisola Salentina	15	16.94	40.47	17.24	1892
73	Taviano	Penisola Salentina	61	17.02	39.98	18.09	1929
74	Teano	A Monte Torre San Limato	195	15.31	41.25	14.07	1928
75	Trepidò	Neto	1295	8.73	39.20	16.67	1925
76	Tropea	Tra Mesima e Angitola	51	17.45	38.68	15.90	1907
77	Vallo della Lucania	Alento (intero bacino)	521	13.53	40.68	15.27	1986
78	Valsinni	Sinni	250	15.84	40.17	16.44	1921
79	Villapiana Scalo	Tra Saraceno e Crati	5	16.74	39.78	16.49	1939
80	Vitulazio	Tra T. S. Limato e Volturmo	65	15.03	41.17	14.64	1974

**Tabella 1. (continua)** *Caratteristiche delle stazioni termometriche considerate*



ID	Stazione	Quota (m s.m.m.)	T Media (°C)	B	C
1	Alatri	497	14.48	-0.4662	-0.3915
2	Andria	151	15.46	-0.4172	-0.3524
3	Avezzano	708	11.83	-0.6123	-0.4699
9	Canosa di Puglia	154	16.23	-0.4255	-0.3579
14	Casalbuono	598	12.58	-0.4548	-0.4425
16	Cassino	42	16.89	-0.3914	-0.3082
17	Castellana Grotte	290	14.45	-0.4452	-0.3798
18	Castellaneta	245	15.71	-0.4139	-0.3834
19	Castrovillari	353	15.53	-0.4301	-0.3812
22	Cerignola	124	15.83	-0.4584	-0.3772
23	Chiaravalle Cent.	550	14.23	-0.4185	-0.3938
25	Cittanova	407	15.52	-0.3608	-0.3693
26	Cosenza	250	16.61	-0.3918	-0.3497
29	Faeto (S.Vito)	905	10.88	-0.582	-0.5315
31	Foggia(Oss.)	74	15.86	-0.4556	-0.385
34	Gioia del Colle	360	15.36	-0.4507	-0.3858
35	Gioia Vecchio	1375	8.41	-0.713	-0.6736
37	Lacedonia	707	12.92	-0.5197	-0.4483
40	Lucera	251	15.62	-0.4616	-0.3793
41	Maglie	77	16.75	-0.3631	-0.3461
44	Matera	401	14.47	-0.4604	-0.4146
45	Melfi	531	14.31	-0.4919	-0.3836
47	Mileto	368	16.53	-0.3404	-0.3431
49	Monteleone di Puglia	847	11.35	-0.5672	-0.5135
50	Montevergine	1287	8.32	-0.7174	-0.6713
51	Monticchio Bagni	652	13.14	-0.5303	-0.4265
56	Palazzo S. Gervasio	483	13.96	-0.5083	-0.4421
59	Potenza	826	12.50	-0.5399	-0.4742
61	Rogliano	650	13.68	-0.4803	-0.4483
63	Ruvo di Puglia	260	15.49	-0.4434	-0.3636
64	S. Angelo dei Lomb.	870	11.98	-0.5441	-0.4779
66	S.Giovanni Rotondo	557	13.63	-0.4863	-0.4398
69	S. Severo	87	15.73	-0.4358	-0.3715
74	Teano	195	15.31	-0.3965	-0.3539
75	Trepidò	1295	8.73	-0.7011	-0.661
77	Vallo della Lucania.	521	13.53	-0.4215	-0.4378
78	Valsinni	250	15.84	-0.4348	-0.3758
80	Vitulazio	65	15.03	-0.3806	-0.3731

**Tabella 2.** Parametri per la determinazione del regime termometrico. Stime locali (minimi quadrati) dei parametri B e C.

ID	Stazione	Quota (m s.m.m.)	T Media (°C)	Errore rel. Media (°C)	RMSE (°C)	Err. Max (°C)
1	Alatri	497	14.48	-0.94	1.19	1.99
2	Andria	151	15.46	0.46	0.65	1.06
3	Avezzano	708	11.83	0.27	0.99	2.09
4	Balsorano	400	12.34	1.78	1.91	2.79
5	Bari(Oss.)	12	16.28	0.56	0.73	1.56
6	Barletta	20	16.33	0.37	0.61	1.11
7	Botricello	18	17.07	0.62	1.08	2.46
8	Cagnano Varano	150	15.51	0.18	0.56	0.80
9	Canosa di Puglia	154	16.23	-0.32	0.82	1.85
10	Capaccio	430	14.96	-0.46	1.29	2.22
11	Capistrello	735	10.94	1.02	1.23	1.80
12	Capo Palinuro	184	16.71	-0.51	1.40	2.57
13	Capri	264	17.48	-1.99	2.29	3.70
14	Casalbuono	598	12.58	0.95	1.51	2.79
15	Casalvelino	189	17.54	-1.43	1.89	3.44
16	Cassino	42	16.89	-0.40	0.84	1.47
18	Castellaneta	245	15.71	-0.14	0.65	1.29
19	Castrovillari	353	15.53	-0.29	0.70	1.25
20	Catanzaro	343	16.23	-0.57	1.22	2.12
21	Caulonia	275	17.18	-0.87	1.28	2.38
22	Cerignola	124	15.83	0.24	1.01	1.63
23	Chiaravalle Cent.	550	14.23	0.23	1.11	1.61
24	Cirò marina	6	17.73	-0.14	0.82	1.52
25	Cittanova	407	15.52	-0.03	1.22	2.01
26	Cosenza	250	16.61	-0.52	0.82	1.54
27	Crotone	6	17.38	0.32	0.81	1.96
28	Ercolano	610	13.82	-0.61	1.11	2.18
29	Faeto (S.Vito)	905	10.88	0.22	0.58	0.93
30	Fiumefreddo	220	16.41	-0.11	1.15	1.89
31	Foggia(Oss.)	74	15.86	0.44	1.15	1.68
32	Gaeta	32	17.05	-0.38	0.87	1.50
33	Ginosa Marina	5	15.70	1.46	1.57	2.52
34	Gioia del Colle	360	15.36	-0.58	0.83	1.65
35	Gioia Vecchio	1375	8.41	-0.43	1.01	2.05
36	Grottaglie	133	17.42	-1.10	1.35	2.68
37	Lacedonia	707	12.92	-0.41	0.78	1.37
38	Lecce	78	16.86	-0.13	0.58	1.03
39	Lesina	5	15.87	0.70	0.96	1.44
40	Lucera	251	15.62	-0.44	0.99	2.17

**Tabella 4.** Errori di ricostruzione delle temperature in base al modello proposto. Il RMSE ed il massimo errore assoluto (Err. Max) si riferiscono alle 12 medie mensili.

ID	Stazione	Quota (m s.m.m.)	T Media (°C)	Errore rel. Media (°C)	RMSE (°C)	Err. Max (°C)
41	Maglie	77	16.75	0.09	0.71	1.18
42	Maratea	300	15.30	0.19	1.26	2.08
43	Massafra	116	16.95	-0.55	0.78	1.51
44	Matera	401	14.47	0.11	0.55	1.02
45	Melfi	531	14.31	-0.68	1.14	2.98
46	Melito Porto Salvo	7	17.97	0.21	1.28	2.31
47	Mileto	368	16.53	-0.90	1.45	2.75
48	Monte S. Angelo	843	12.12	-0.73	0.91	1.79
49	Monteleone di Puglia	847	11.35	0.24	0.59	0.98
50	Montevergine	1287	8.32	0.61	0.79	1.35
51	Monticchio Bagni	652	13.14	-0.25	0.76	1.21
52	Napoli	30	17.91	-1.08	1.26	2.01
53	Nardò	43	16.71	0.31	0.72	1.32
54	Nocera Inferiore	84	17.07	-0.54	0.82	1.46
55	Nova Siri scalo	2	15.50	1.80	1.93	3.08
56	Palazzo S. Gervasio	483	13.96	0.13	0.65	1.08
57	Piano di Sorrento	122	15.88	0.36	1.12	2.02
58	Policoro	31	16.22	0.86	1.10	2.07
59	Potenza	826	12.50	-0.56	0.73	1.31
60	Reggio Calabria	15	17.89	0.15	1.38	2.27
61	Rogliano	650	13.68	-0.05	0.68	1.31
62	Rossano	300	17.20	-1.53	1.68	2.56
63	Ruvo di Puglia	260	15.49	-0.21	0.63	1.16
64	S. Angelo dei Lomb.	870	11.98	-0.44	0.69	1.39
65	S. Eufemia Lametia	25	16.95	0.70	1.37	2.63
66	S. Giovanni Rotondo	557	13.63	-0.45	0.74	1.72
67	S. Maria di Leuca	65	16.98	0.06	1.00	1.87
68	S. Pietro Avellana	927	8.53	2.30	2.54	3.92
69	S. Severo	87	15.73	0.40	0.90	1.33
70	Serra S. Bruno	790	10.82	2.06	2.68	4.29
71	Siderno Marina	7	18.21	-0.18	1.03	1.74
72	Taranto	15	16.94	0.14	0.61	1.25
73	Taviano	61	17.02	-0.03	0.54	1.01
74	Teano	195	15.31	0.32	0.72	1.30
75	Trepidò	1295	8.73	0.93	1.03	1.66
76	Tropea	51	17.45	0.14	1.31	2.19
77	Vallo della Lucania.	521	13.53	0.29	1.05	2.04
78	Valsinni	250	15.84	-0.11	0.72	1.32
79	Villapiana scalo	5	16.74	0.68	1.01	2.13
80	Vitulazio	65	15.03	1.46	1.68	2.78

**Tabella 4. (continua)** Errori di ricostruzione delle temperature in base al modello proposto. Il RMSE ed il massimo errore assoluto (Err. Max) si riferiscono alle 12 medie mensili.