

Vuoi provare le pene dell'Inferno? Aliano d'estate, Cansiglio d'inverno!

Analisi di un bellunese delle temperature medie, minime e massime registrate nel 2005 in 526 stazioni meteorologiche italiane.

Revisione 2.0 – Novembre 2007

Ettore Dal Farra

1. Introduzione.

In questo piccolo studio analizzo le temperature medie, minime e massime di alcune stazioni meteorologiche italiane, ponendole in relazione con l'altitudine e la collocazione geografica del punto di rilevazione, distinguendo molto sommariamente tra regioni settentrionali, centrali e meridionali.

I dati analizzati sono tratti dall'indirizzo internet

<http://www.sinanet.apat.it/it/documentazione/ipertesti/2006/scia/Tabelle/Tabella%201>

e sono relativi all'anno 2005. Si tratta di un archivio dati relativi al progetto Scia di monitoraggio dei cambiamenti climatici attraverso l'analisi di indicatori ambientali, quali la temperatura, le precipitazioni, la radiazione solare, e altri. Le misure vengono da stazioni appartenenti alla rete ENAV/AM, da diverse reti regionali quali l'Arpa Veneto, Arpa Lombardia, Arpa Piemonte e altre, e della rete agrometeo nazionale

(vedere la bibliografia per la citazione precisa della fonte). Il documento originario è stato convertito in foglio di calcolo, e da lì i dati sono stati importati in **R** 2.2.1 per Windows (The **R** Development Core Team 2005) per l'esecuzione delle analisi statistiche. La scelta è caduta su **R**, un programma gratuito e multi-piattaforma, espressamente al fine di rendere le analisi facilmente replicabili e integrabili da parte del lettore. La fonte di dati fornisce la regione ove si trova ciascuna stazione, la sua altitudine sul livello del mare, il nome della località, la temperatura media annua, la temperatura massima assoluta e quella minima assoluta registrate nell'anno 2005. Per consentire la comparazione delle medie fra reti diverse, viene fornita soltanto la media calcolata attraverso la semisomma della minima e della massima, allineando quindi tutti i dati allo standard qualitativo inferiore. Quelle che vedremo, perciò, non sono medie integrali. È disponibile anche l'escursione termica media, che non viene qui utilizzata. Sono reperibili, per alcune delle stazioni utilizzate, anche la radiazione solare, le precipitazioni e il vento. Queste informazioni non sono tuttavia agevoli da incorporare nel set di dati, e non sono perciò prese al momento in considerazione. Questo studio nasce dalla mia curiosità di avere una visione comparativa delle caratteristiche climatiche di Belluno, la mia città, che ho sempre considerato il capoluogo di provincia con il clima meno ospitale d'Italia.

2. Descrizione dei dati.

Non è semplice descrivere un set di dati di questo tipo, che non si può nemmeno appropriatamente definire un campione.

In tabella 1 riporto le medie e le deviazioni standard delle variabili utilizzate e il numero delle stazioni, distinguendo per collocazione geografica. Si osserva che il 70% delle stazioni si trova al Nord, il 20% al Sud e solo il 10% al Centro.¹ La descrizione climatica dell'Italia fornita dalla distribuzione territoriale delle stazioni rilevate è caratterizzata da una temperatura media di 12,2°C, una media delle massime assolute di 34°C e una media delle minime assolute di -8,7°C, con un'altitudine media di rilevazione di 416 metri sul livello del mare.

¹ La classificazione delle regioni adottata è la seguente. **Nord**: Piemonte, Val d'Aosta, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Liguria. **Centro**: Emilia-Romagna, Toscana, Umbria, Marche, Lazio, Abruzzo. **Sud**: Molise, Campania, Puglia, Basilicata, Calabria, Sicilia, Sardegna.

In tabella 2 sono presentate la distribuzione delle stazioni e le medie delle temperature per regione. In essa si notano diversi particolari. In primo luogo, la distribuzione delle stazioni non è rappresentativa né del territorio né della popolazione. Sono fortemente sovrarappresentati il Veneto e la Liguria, mentre per l’Abruzzo è presente una sola stazione (Castel di Sangro), come anche per le Marche (Frontone). Le

Tab. 1. Statistiche descrittive: altitudini e temperature per ripartizione geografica.

		Altitudine [m slm]	Temperature [°C]		
			Media*	Massima**	Minima***
Nord	Media	465	11.3	32.7	-10.4
	Dev. Standard	536	3.3	3.6	5.2
	N stazioni	369	369	369	369
Centro	Media	212	13.3	37.1	-8.0
	Dev. Standard	368	2.1	3.0	4.1
	N stazioni	54	54	54	54
Sud	Media	344	14.9	37.4	-3.3
	Dev. Standard	345	2.2	2.4	3.6
	N stazioni	102	102	102	102
Totale	Media	416	12.2	34.0	-8.7
	Dev. Standard	496	3.3	4.0	5.5
	N stazioni	525	525	525	525

* media annuale; ** massima assoluta; *** minima assoluta

medie delle temperature medie più basse sono quelle del Trentino–Alto Adige, che però provengono quasi tutte da stazioni di media o alta montagna. Le stazioni di questa regione, poi, sono solo 4, malgrado la notevole consistenza delle reti ISMAA e Meteotrentino che fanno della provincia di Trento una delle zone più monitorate d’Italia. Non è presente nemmeno una stazione a Bolzano o a Trento, città che a dispetto della loro posizione nel profondo Nord, dalla primavera inoltrata hanno *exploit* termici degni del profondo Sud, e sono perciò molto interessanti. Per il loro interesse, aggiungiamo ora al *database* i dati della stazione di Trento Sud del 2005, reperiti presso il sito internet dell’Istituto Agrario di San Michele all’Adige.² Essi sono: temperatura media annua, 12,5°C; temperatura minima assoluta, -10,8°C; temperatura massima

² Le figure 1, 3 e 5 sono state prodotte prima dell’aggiunta della stazione di Trento Sud al database.

assoluta, 36,8°C. L'altitudine del comune di Trento è di circa 197 metri, che userò come valore di riferimento.³

Le temperature medie più elevate sono quelle provenienti dalle 12 stazioni siciliane. La Sicilia è anche l'unica regione con una media delle minime superiore a 0°C. Le rilevazioni di estremi come la massima delle massime o la minima delle

Tab. 2. Statistiche descrittive: stazioni, altitudini e temperature per regione.

Regione	Altitudine media staz. [m slm]	Temperature [°C]			N stazioni
		Media*	Max**	Min***	
Piemonte	730	10.4	31.5	-12.1	52
Valle d'Aosta	1041	8.7	31.0	-13.5	6
Lombardia	541	10.6	32.7	-11.3	51
Trentino–Alto Adige	1473	5.0	26.6	-19.2	4
Veneto	413	10.8	32.8	-11.7	134
Friuli–Venezia Giulia	215	11.9	33.8	-10.7	13
Liguria	329	13.1	33.2	-7.0	109
Emilia–Romagna	170	12.5	36.9	-9.8	25
Toscana	261	13.4	36.9	-7.8	12
Umbria	270	12.9	40.4	-9.2	2
Marche	570	12.7	37.4	-7.8	1
Lazio	166	15.1	37.3	-3.7	13
Abruzzo	810	9.5	35.0	-17.9	1
Molise	437	13.7	37.1	-7.4	3
Campania	232	15.1	36.0	-3.8	7
Puglia	203	15.6	38.2	-3.2	9
Basilicata	606	13.5	37.7	-6.1	18
Calabria	735	13.3	33.9	-4.2	3
Sicilia	262	16.8	37.5	0.2	12
Sardegna	281	14.9	37.5	-2.8	50
Totale	416	12.2	34.0	-8.7	525

* media delle medie; ** media delle massime assolute; *** media delle minime assolute

minime sono di solito instabili e questo rende difficile attribuire loro significati sistematici, ma si osserva che con l'eccezione del dato dell'Abruzzo – proveniente peraltro da una stazione collocata ad oltre 800 metri di altitudine –, tutte le temperature minime negative a due cifre sono concentrate al Nord, mentre le massime sono meno marcatamente disomogenee sul territorio.

³ L'altitudine della stazione di Trento sud è di circa 185 metri slm ma qualche metro di differenza di altitudine non farà nessuna differenza sostanziale nei risultati.

Tab. 3. Temperature e altitudini delle 20 stazioni con le minime assolute più basse e delle 20 stazioni con le massime assolute più alte.

Nr	regione	stazione	altit.	med	max	min
1	VEN	Cansiglio loc. Tramedere (BL)	1028	5.2	27.4	-27.5
2	VEN	Val Visdende (BL)	1250	4.0	28.5	-26.4
3	LOM	Livigno-Passo Foscagno (SO)	2250	-0.1	21.1	-24.0
4	LOM	S.Caterina Valfurva (SO)	1780	1.6	25.6	-23.8
5	VEN	Passo Pordoi (BL)	2142	1.4	22.7	-23.3
6	VEN	Passo Monte Croce Comelico (BL)	1628	3.2	24.9	-23.1
7	TAA	Dobbiaco (BZ)	1222	5.6	29.6	-23.0
8	PIE	Lago di Valsoera	2365	1.7	18.5	-22.9
9	VEN	Passo Valles (BL)	2020	2.3	22.6	-22.6
10	VEN	Passo Falzàrego (BL)	2100	1.8	22.8	-22.4
11	VEN	Podestagno (BL)	1314	5.6	30.2	-22.4
12	VEN	Misurina (BL)	1736	3.3	25.7	-22.3
13	PIE	Lago Agnel	2304	0.9	20.2	-22.2
14	VEN	Falòria (BL)	2240	1.3	22.3	-22.0
15	PIE	Alpe Severo	1634	3.3	24.5	-21.7
16	TAA	Passo Rolle (TN)	2004	2.1	22.6	-21.6
17	VEN	S.Stefano di Cadore (BL)	895	6.8	32.0	-21.6
18	PIE	Pragelato	1620	5.1	27.5	-21.3
19	FVG	Tarvisio (UD)	785	6.9	32.5	-21.2
20	VEN	Malga Ciapèla (BL)	1465	4.8	27.6	-21.1
507	TOS	San Casciano	230	14.2	39.9	-7.2
508	TOS	Arezzo	248	12.8	40.0	-10.0
509	BAS	Ferrandina	507	15.0	40.0	-4.6
510	CAL	Sibari	10	16.7	40.0	-3.7
511	LAZ	Viterbo	300	14.1	40.1	-4.6
512	SAR	Santa Lucia	14	16.2	40.1	-2.9
513	SAR	Berchidda	290	15.3	40.2	-2.9
514	BAS	Matera	475	16.8	40.2	-1.1
515	SIC	Pietranera	158	16.4	40.4	-5.2
516	PUG	Marina di Ginosa	2	16.7	40.4	-2.0
517	SAR	Orani	163	14.8	40.5	-5.7
518	EMR	C.A.M.S.E.	-1	13.3	40.6	-9.3
519	SAR	Ozieri	228	14.4	40.7	-4.8
520	LAZ	Guidonia	88	15.8	40.8	-4.0
521	SIC	Catania Sigonella	22	17.4	41.0	-2.0
522	UMB	Marsciano	229	13.7	41.1	-7.2
523	SAR	Benetutti	279	14.7	41.6	-4.7
524	SAR	Chilivani	216	14.6	41.7	-6.1
525	PUG	Palo del Colle	191	15.5	41.9	-4.9
526	BAS	Aliano (MT)	250	15.0	42.4	-6.1

La temperatura media è un parametro di rilevante interesse del clima di un dato luogo: essa è, infatti, una semplice trasformazione lineare della sommatoria delle temperature,

e tenendo conto dei suoi difetti,⁴ può essere considerata un buon indicatore di sintesi. La curiosità, però, è sicuramente più attratta da dati estremi come la temperatura massima delle massime e dalla minima delle minime. Nella tabella 3 presento perciò i dati delle 20 stazioni con la minime più basse e le 20 stazioni con le massime più elevate, a giustificazione del titolo di questo lavoro: chi vuol provare le pene dell'Inferno vada ad Aliano (Basilicata) d'estate e in Cansiglio (Veneto) d'inverno.⁵

Si osservano immediatamente alcuni punti. In primo luogo, tutte le località più fredde sono al Nord. In secondo luogo, tutte le località più fredde sono più o meno in montagna, comunque al di sopra dei 7/800 metri. Specularmente, tutte le località più calde sono al Centro o al Sud e nessuna di queste può considerarsi ad altitudine montana. Più avanti in questo lavoro cercheremo di capire in quale misura le temperature massime e minime delle varie stazioni dipendano dalla loro collocazione geografica al Nord, al Centro o al Sud piuttosto che alla loro altitudine, e vedremo come questa classifica – tenuto conto di tali caratteristiche – cambi in modo abbastanza consistente.

In terzo luogo, nelle località più fredde non compare nessun capoluogo di provincia, mentre diversi comuni capoluogo (Arezzo, Viterbo, Matera) figurano fra quelle più calde. È utile fornire ora alcune informazioni sui siti relativamente ai quali dispongo di qualche notizia. Le località del Cansiglio e della Val Visdende sono commentate più avanti nel testo. Il Passo Pordoi si trova tra la Provincia di Belluno e quella di Trento, ed è un valico dolomitico ai piedi del gruppo del Monte Sella e di quello della Marmolada, che collega Canazei (TN) ad Arabba (BL). Il Passo Monte Croce Comèlico collega il comune di Comèlico Superiore (BL) a quello di Sesto (BZ). È sul lato est del sottogruppo dolomitico che di qua si chiama *Dolomiti del Comèlico* e di là *Dolomiti di Sesto*. Dobbiaco è un comune della Val Pusteria, in provincia di Bolzano. Il Passo Valles è situato fra il gruppo della Marmolada e quello delle Pale di San Martino, e collega Falcade (BL) con il Vanoi e la Val di Fiemme (TN), mentre il

⁴ È ben noto che la media è una misura di tendenza centrale molto sensibile agli estremi e ai dati sparsi, per cui un solo dato fuori scala rispetto al grosso degli altri ne altera di molto il valore. Si sa anche che la media sintetizza bene distribuzioni approssimativamente simmetriche, ma non altrettanto bene distribuzioni caratterizzate da lunghe code o con diversi punti di massimo (bimodali o multimodali).

⁵ Il titolo trae ispirazione da un detto popolare del Nordest che recita “*Vuoi provare le pene dell'Inferno? Trento d'estate e Feltre d'inverno*”, a causa della grande calura estiva di Trento e delle rigide temperature invernali di Feltre (BL).

Passo Rolle (TN) si trova a breve distanza dal precedente. Ai piedi della Marmolada è situata anche la stazione di Malga Ciapèla (BL). Il Passo Falzàrego collega Cortina d'Ampezzo (BL) a Pieve di Livinallongo (BL). A Cortina si trovano anche la stazione Falòria, vetta dolomitica che incombe sulla cittadina ampezzana, e Podestagno, nel Parco delle Dolomiti d'Ampezzo. Santo Stefano di Cadore (BL) è un comune del Comèlico, parte orientale del Cadore, presso il confine con il Friuli e l'Austria, tra le Alpi Carniche e le Dolomiti, mentre Misurina, incantevole stazione turistica delle

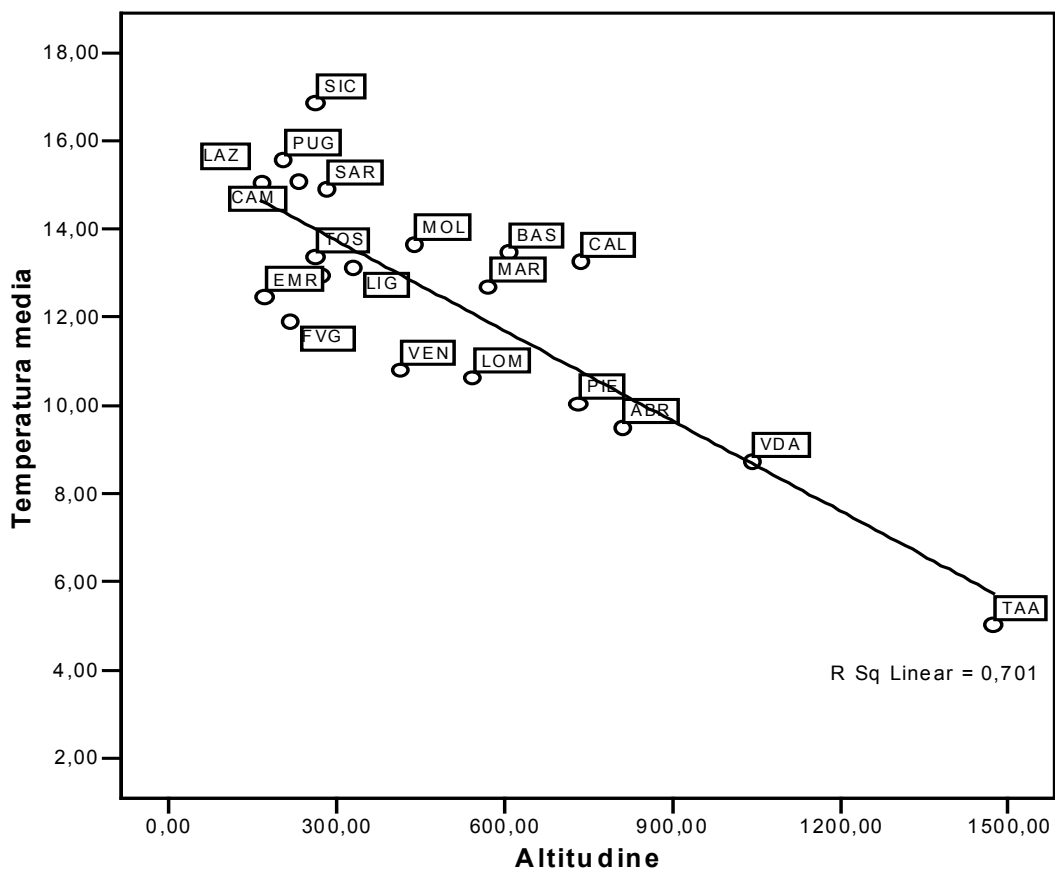


Fig. 1. Relazione fra altitudine e temperatura media per regione italiana

Dolomiti, è una piccola frazione del comune di Auronzo (BL), ai piedi delle Tre Cime di Lavaredo, del Monte Cristallo, dei Cadini e delle Marmaròle: un luogo tanto bello quanto, però, gelido.

Un dato interessante che incontreremo più avanti è che tenuto statisticamente conto dell'altitudine e della loro collocazione al Nord, tutti questi passi e alcuni altri

luoghi dolomitici spariranno dalla classifica delle aree più fredde per lasciare spazio ad altre località per ora insospettabili, originando anche qualche notevole sorpresa come l'entrata in scena di città di bassa altitudine come Piacenza e Vicenza.

3. Temperature e altitudine nelle regioni italiane.

In figura 1 troviamo la relazione fra altitudine e temperatura media per regione italiana. Ciascuna regione ha coordinate definite dall'altitudine media delle sue stazioni (x) e dalla media delle temperature medie rilevate dalle stesse stazioni (y). Al grafico è aggiunta una linea retta interpolante calcolata attraverso il metodo dei minimi quadrati ordinari (regressione lineare). Tale retta è quella che minimizza la sommatoria degli scarti quadratici fra ciascun punto e la retta, da cui il nome di "minimi quadrati". L'equazione della retta indica che la temperatura media è pari a 15,8°C al livello del mare dai quali sottrarre mediamente 6,8°C per ogni 1000 metri di altitudine.

Dettaglio interessante è che la fredda Val d'Aosta giace perfettamente sulla retta: le sue temperature non si discostano da quelle prevedibili in base alla pura altitudine. Al contrario la Sicilia e la Calabria sono evidentemente più calde di quanto non si possa prevedere in base alla sola altitudine, mentre rispetto a questo dato sono assai più freddi il Friuli, l'Emilia-Romagna e il Veneto.

Va ricordato, peraltro, che la retta interpolante in fig. 1 è calcolata sulla base di tutte le regioni simultaneamente, con ciascuna regione che pesa 1 (e senza tenere conto che il numero di stazioni differisce fra regioni). Le regioni del Nord si trovano tutte sotto la retta, e quelle del Centro-Sud, con l'eccezione della Toscana e della stazione abruzzese, si trovano tutte sopra la retta. Ciò indica che le stazioni settentrionali tendono ad avere temperature inferiori a quelle previste dalla retta, e le stazioni meridionali tendono ad avere temperature superiori a queste previsioni. Questo evidenzia soltanto l'esistenza di un effetto sistematico nella determinazione delle temperature medie non colto dalla semplice altitudine: quello della latitudine.

Particolare da commentare del grafico è la collocazione del Trentino-Alto Adige. Buona parte della popolazione, infatti, vive nella calda Valle dell'Adige o all'imboccatura delle valli in essa confluenti, in città sostanzialmente di pianura o non più che collinari come Trento, Bolzano o Rovereto, a quote generalmente inferiori ai 200-350 metri, con temperature medie annue che possono raggiungere e superare i

12,5°C, che d'estate possono raggiungere e superare i 38°C, e in inverno raramente si spingono sotto i -10°C. Non si deve credere che quel punto sul piano sintetizzi bene le condizioni di vita della popolazione rispetto al clima.

4. Altitudine e temperature medie.

Proviamo ora a stimare l'equazione di una retta interpolante basata non più sulle medie regionali, ma sui dati provenienti da ogni singola stazione, che tenga conto almeno in parte delle differenze sistematiche connesse alla latitudine. Per fare questo sarebbe ottimale disporre di una misura quantitativa della latitudine, come la distanza in km da un certo parallelo –, o una stima della radiazione solare teoricamente attesa in base alla latitudine stessa, desunta da un semplice modello geometrico. Usare la radiazione solare effettivamente osservata, infatti, confonderebbe gli effetti della latitudine con quelli della copertura nuvolosa – poiché le nuvole causano ombreggiamento – e il Nord tende ad avere maggiore copertura nuvolosa del Centro e del Sud. Si tratta, però, di informazioni difficili da reperire per un così grande numero di stazioni. Ci accontenteremo allora di un grezzo raggruppamento delle regioni in settentrionali, centrali e meridionali, adottando la stessa classificazione elencata in nota 1. Classificazioni alternative sono chiaramente concepibili, ad esempio collocando Lazio e Abruzzo nel Sud, o distinguendo le Isole dal resto del Meridione, e/o separando il Nordest dal Nordovest, o classificando l'Emilia-Romagna come Nord anziché Centro.⁶ I criteri qui adottati sono sub-ottimali, ma semplici e parsimoniosi.

Stimeremo quindi i coefficienti di intercetta e pendenza di una retta di regressione lineare (Gujarati 2003),⁷ immettendo nell'equazione la temperatura media annua come variabile dipendente, e come variabili indipendenti l'altitudine sul livello del mare (espressa in migliaia di metri) e alcuni fattori di cambio di intercetta relativi al Centro e al Sud. Questo può essere facilmente ottenuto introducendo nel set di dati due nuove variabili, che assumono per ogni stazione il valore di 0 o 1. La prima, che chiameremo *centro*, assumerà il valore di 1 per tutte le stazioni situate nelle regioni che

⁶ Il lettore è incoraggiato a replicare le mie analisi utilizzando diverse classificazioni delle regioni, in modo da esplorare ulteriormente gli effetti della posizione geografica sul clima. La facilità di reperimento di **R** mette questo alla portata di tutti, e queste analisi possono essere replicate e migliorate anche con Excel.

⁷ Per una introduzione accessibile ai dettagli matematici della *regressione lineare* si può vedere, oltre a Gujarati (2003) e molti altri testi di statistica, anche la corrispondente voce in Wikipedia.

abbiamo classificato come centrali, e 0 per tutte le altre stazioni. La seconda, che chiameremo *sud*, sarà pari a 1 per tutte le stazioni che si trovano in regioni classificate come appartenenti al sud e alle isole, e 0 per tutti gli altri casi.

L'equazione stimata perciò sarà:

$$\hat{y} = b_0 + b_1(\text{centro}) + b_2(\text{sud}) + b_3(\text{altitudine})$$

dove \hat{y} indica il valore di media della temperatura attesa in base al modello. Il termine b_0 indicherà la temperatura media generale delle stazioni del Nord al livello del mare, b_1 si riferirà alla temperatura addizionale legata alla posizione nelle regioni centrali, b_2 alla temperatura addizionale legata alla posizione nelle regioni meridionali, e b_3 darà l'effetto additivo di ogni 1000 metri supplementari di altitudine. Attraverso il metodo dei minimi quadrati vengono stimati i valori dei coefficienti b_0 , b_1 , b_2 e b_3 . Il termine costante b_0 si applicherà a tutti i casi, cioè a tutte le stazioni. Il termine b_3 si applicherà a tutti i casi per i quali l'altitudine è diversa da 0. I termini b_1 e b_2 saranno applicati solo alle regioni per i quali sono pertinenti, cioè rispettivamente per le stazioni nelle regioni centrali (b_1) e meridionali (b_2). Tutto ciò avviene automaticamente per effetto dell'equazione stessa, perché i coefficienti b_1 e b_2 sono moltiplicati per una variabile che è 1 per i casi pertinenti e 0 per i casi non pertinenti. Nel caso dell'altitudine, essa avrà effetto quando sarà diversa da 0, e nessun effetto nella stima di \hat{y} quando risulterà pari a 0.

Perciò se volessimo stimare la temperatura media di una stazione collocata a 1000 metri di altitudine al Nord dovremmo calcolare:

$$\hat{y} = b_0 + b_3$$

mentre la media di una stazione del Sud collocata a 1500 metri sarebbe pari a

$$\hat{y} = b_0 + b_2 + (b_3 * 1,5)$$

La stima di un'equazione di regressione, permettendoci di “prevedere” una temperatura teoricamente attesa per ogni stazione in base alla sua altitudine e alla regione in cui si trova, ci consente anche di calcolare un “residuo” o “errore” – un componente della

temperatura effettivamente osservata che non viene spiegato dal modello. Tale errore si definisce come

$$e = y - \hat{y}$$

ove y è la temperatura effettivamente osservata. Da questa equazione si ricava che

$$e = y - b_0 - b_1(\text{centro}) - b_2(\text{sud}) - b_3(\text{altitudine})$$

tenendo sempre conto che i contributi di b_0 e b_3 si applicano a tutte le stazioni, mentre quelli di b_1 e b_2 si applicano solo alle stazioni centrali e meridionali rispettivamente, in quanto moltiplicati per gli appropriati valori di 0 o 1.

Come vedremo, l'analisi della consistenza e della distribuzione sul territorio di questi residui può fornire informazioni di interesse conoscitivo sui processi che determinano o influenzano le temperature nei diversi luoghi e, particolarmente, segnalare i luoghi ove si manifestano temperature atipiche rispetto alla loro altitudine e collocazione geografica.

I coefficienti dell'equazione di regressione sono calcolati con il metodo dei minimi quadrati ordinari per mezzo di **R** 2.2.1 utilizzando la procedura `lm` (*linear model*) del pacchetto `stats`, e presentati in tabella 4. L'*errore standard* è una misura

Tab. 4: Regressione lineare. Variabile dipendente: temperatura media annua.

coefficiente	stima	errore standard	t	p
b_0	13,93	0,080	173,8	0.000
b_1 (centro)	0,54	0,178	3,0	0.003
b_2 (sud)	2,88	0,135	21,3	0.000
b_3 (altitudine)	-5,63	0,108	-52,3	0.000

$R^2 = 0,870$ $N=526$

della variabilità campionaria della stima del corrispondente coefficiente. La statistica t è il rapporto fra la stima del coefficiente e il suo errore standard, e sotto validità di alcuni assunti relativi alle modalità di campionamento e alla distribuzione della variabile dipendente, possiede una distribuzione statistica nota (distribuzione *t di student*) grazie

alla quale è possibile valutare la probabilità che il coefficiente stesso sia diverso da 0,⁸ che viene a sua volta presentata nell'ultima colonna della tabella.

Ben l'87% della varianza delle temperature medie per stazione di rilevamento è spiegata dalle variabili introdotte.⁹ Specificando un modello con l'altitudine ma senza le ripartizioni territoriali, si raggiunge una varianza spiegata comunque elevata, pari a 0.756. Questo sembra indicare che la maggior parte della variabilità delle temperature dipende dall'altitudine, e che la latitudine – almeno con il suo ristretto *range* entro il territorio italiano – abbia effetti secondari. Sarebbe peraltro difficile separare nettamente gli effetti dell'altitudine da quelli della latitudine, poiché le stazioni di alta quota si trovano perlopiù nelle regioni settentrionali, in Piemonte, Lombardia, Veneto, Trentino–Alto Adige e Val d'Aosta.

Le stime dei coefficienti indicano una temperatura media al Nord di 13,9°C al livello del mare, un incremento di temperatura di mezzo grado circa per le regioni centrali, e un incremento di 2,9°C per le regioni meridionali. A questi valori vanno sottratti 5,6°C circa ogni 1000 metri di altitudine. Un particolare interessante è che il Centro non risulta molto più caldo del Nord; la differenza media fra le due aree – tenendo conto dell'altitudine – è di solo mezzo grado. È da notare anche che il gradiente verticale di temperatura non corrisponde a quello generalmente reperito in letteratura di 6.5°C per 1000 metri di altitudine. Questo può dipendere in particolare da due fatti: in primo luogo, stiamo analizzando le medie di un solo anno e non medie decennali, trentennali o ancora più prolungate; quindi possono esserci state anomalie che hanno investito differenzialmente le aree più o meno elevate, senza la compensazione che si avrebbe per effetto dell'alternarsi di anomalie di segni opposti con osservazioni per periodi più prolungati. In secondo luogo la variabile dipendente è una media degli estremi, non una media integrale, e in assenza di uno studio specifico non vi è garanzia che le differenze fra media integrale e media degli estremi siano invarianti rispetto all'altitudine.

⁸ Semplificando un po', un valore assoluto di t superiore a 2 indica che il corrispondente coefficiente è significativamente diverso da zero, con probabilità inferiore al 5%.

⁹ La varianza spiegata è pari al quadrato del coefficiente di correlazione lineare di Pearson tra le temperature osservate e quelle predette in base ai coefficienti del modello.

Grazie a queste stime statistiche delle relazioni fra la temperatura media annua, altitudine e ripartizioni territoriali, possiamo calcolare ora i residui, cioè le semplici

Tab. 5. Valori osservati, attesi e residui in base al modello per alcune stazioni italiane.						
nr	regione	stazione	altit.	media	attesa	residuo
1	Veneto	Cansiglio loc. Tramedere (BL)	1028	5.2	8.1	-2.9
2	Veneto	Val Visdende (BL)	1250	4.0	6.9	-2.9
3	Veneto	Castana	430	8.8	11.5	-2.7
4	Sardegna	Giave	410	11.8	14.5	-2.7
5	Friuli-V.G.	Tarvisio (UD)	785	6.9	9.5	-2.6
6	Lombardia	Clusone (BG)	309	9.6	12.2	-2.6
7	Lombardia	Cavacca	1147	5.0	7.5	-2.5
8	Sardegna	Villanova Strisali	813	9.9	12.2	-2.3
9	Sardegna	Olmeto	32	14.3	16.6	-2.3
10	Emila-Rom.	Fiorenzuola	80	11.7	14.0	-2.3
11	Lombardia	S.Caterina Valfurva	1780	1.6	3.9	-2.3
12	Veneto	S.Stefano di Cadore (BL)	895	6.8	8.9	-2.1
13	Veneto	Auronzo (BL)	850	7.1	9.1	-2.0
14	Molise	Campochiaro	502	12.0	14.0	-2.0
15	Veneto	Agordo (BL)	578	8.7	10.7	-2.0
16	Emila-Rom.	Lavezzola	6	12.5	14.4	-1.9
17	Veneto	Feltre (BL)	267	10.5	12.4	-1.9
18	Emila-Rom.	Castelfranco Emilia	33	12.4	14.3	-1.9
19	Lombardia	Castello d'Agogna	106	11.5	13.3	-1.8
20	Veneto	Ponte di Piave (TV)	6	12.1	13.9	-1.8
507	Toscana	Radicofani	816	12.3	9.9	2.4
508	Liguria	Polanesi	50	16.1	13.6	2.5
509	Lazio	Caprarola	650	13.3	10.8	2.5
510	Liguria	Ventimiglia	9	16.4	13.9	2.5
511	Toscana	Monte Argentario	630	13.5	10.9	2.6
512	Lombardia	Como	201	15.4	12.8	2.6
513	Liguria	Sanremo	45	16.3	13.7	2.6
514	Liguria	Bestagno	300	14.9	12.2	2.7
515	Basilicata	Matera	475	16.8	14.1	2.7
516	Sicilia	Pantelleria	191	18.4	15.7	2.7
517	Liguria	Serò di Zignago	630	13.1	10.4	2.7
518	Sicilia	Messina	59	19.2	16.5	2.7
519	Liguria	Cavi	100	16.2	13.4	2.8
520	Liguria	Testico	470	14.3	11.3	3.0
521	Lazio	Ponza	184	16.5	13.4	3.1
522	Liguria	Vernazza	160	16.1	13.0	3.1
523	Liguria	Borgomaro	244	15.7	12.6	3.1
524	Liguria	Statale	570	14.0	10.7	3.3
525	Liguria	Camogli	70	16.9	13.5	3.4
526	Liguria	Arenzano	60	18.2	13.6	4.6
35	Veneto	Belluno Aeroporto	376	10.3	11.8	-1.5
212	Abruzzo	Castel di Sangro (AQ)	810	9.5	9.9	-0.4

differenze aritmetiche fra il valore previsto in base al modello di regressione e la temperatura effettivamente osservata, per ciascuna delle 526 stazioni.

Ricordo che per ogni stazione la temperatura attesa sarà pari a:

$$b_0 + b_3 * \text{altitudine}$$

a cui andranno aggiunti b_1 gradi se si tratta di una stazione del Centro, o b_2 gradi se si tratta di una stazione del Sud, con $b_1=0,53$ e $b_2=2,88$. Ordinando i dati in base al residuo, possiamo poi listare i 20 casi con più estremi residui positivi e negativi, offrendo almeno un'abbozzata visione delle aree ove la previsione del modello risulta meno accurata. Peggiora la previsione del modello (e quindi più ampio il residuo in valore assoluto), più atipico è il clima del luogo considerato.

Oltre al metodo qui utilizzato, è possibile definire altri criteri per identificare aree con temperature atipiche in base all'ampiezza assoluta dei residui. Un buon metodo alternativo sarebbe quello di considerare statisticamente normale il 95% dei residui, e listare solo il 5% dei casi più estremi in positivo e/o in negativo, oppure di fare riferimento ai residui standardizzati per identificare i casi che si discostano significativamente dalla previsione con un criterio probabilistico.

L'ordinamento in base al modello è presentato in tab. 5, alla quale aggiungo le stazioni di Castel di Sangro e Belluno. È da notare che la media di 10.3°C per Belluno non è particolarmente convincente per un anno come il 2005, e si tratta infatti di un valore che dipende dal metodo di calcolo: esso risulta tale perché si tratta della media delle semisomme degli estremi, e non della media integrale, che per l'anno 2005 è pari a 9,8°C (Fonte: dati Arpav non-validati tratti dal sito internet Arpav).

In tab. 5 sono da notare diversi punti. Con tutto il freddo che fa, Belluno pare solamente 1,5°C più fredda di quanto atteso in base all'altitudine e alla collocazione al Nord, e Castel di Sangro, tenuto conto della sua posizione e altitudine, solo mezzo grado. La stazione di Feltre, nel 2005 solo qualche decimo di grado più fredda di Belluno, grazie alla sua minor altitudine è invece entrata nella classifica dei primi 20. La stazione più fredda rispetto all'attesa è Cansiglio loc. Tramedere. Il Cansiglio è un altipiano scarsamente abitato, adibito perlopiù a pascolo di ovini e bovini, collocato tra

le province di Belluno, Treviso e Pordenone,¹⁰ caratterizzato da una piana principale leggermente depressa e diverse conche e depressioni minori fra cui la nota Valmenera, dove la notte del 1° marzo 2005 in occasione di una potente irruzione fredda si registrò la stupefacente temperatura minima di -35.4°C a soli 905 metri di altitudine. Il secondo luogo con un maggior residuo negativo è la Val Visdende. Si trova in Comèlico, parte orientale del Cadore, al confine con l'Austria, e, come il Cansiglio, è una zona di prati e foreste sostanzialmente disabitata. La Val Visdende ha ospitato le vacanze estive di Papa Giovanni Paolo II, che da buon polacco in quella occasione preferì senz'altro sfuggire alla calura romana e mantenere intatta la freschezza dello spirito anche nei mesi estivi. Cansiglio e Val Visdende sono zone fra le più fredde della provincia di Belluno.

Se nel complesso tra le 20 stazioni con un maggior freddo inatteso ben 6 sono in provincia di Belluno (Cansiglio, Val Visdende, Santo Stefano di Cadore, Auronzo, Agordo, e Feltre), va notato che impressionante è anche la stazione di Castana, che raggiunge una media inferiore a 9°C trovandosi a solo 430 metri slm. Dovrebbe essere sottolineato che questi dati non servono a offrire un campionario dei punti più freddi (né dei più caldi) d'Italia, e che molte stazioni di grande interesse non sono presenti nel database.

Passando ai residui positivi, vediamo che molti sono relativi a stazioni liguri e toscane. Da quel che si vede durante l'anno (spulciando i dati presentati quotidianamente dal Televideo Rai a pagina 711), pare che la Liguria più che temperature diurne elevate, abbia minime invernali molto miti. Poi daremo un'occhiata anche a questo. Certo è che tutte le 5 stazioni con maggiori residui positivi sono in Liguria. Trovo semplicemente sconcertanti, in particolare, le stazioni di Testico, Borgomaro e Statale, a quote collinari (circa come Castana), con medie annue che ci si aspetterebbe di trovare in una città costiera del Lazio. Davvero notevoli infine i dati di Messina: con una media annua superiore a 19°C , pur essendo nel profondo Sud realizza un residuo positivo di $2,7^{\circ}\text{C}$.

¹⁰ La stazione di rilevazione si trova nella parte bellunese del Cansiglio, una ventina di km a sudest da Belluno.

5. Altitudine e temperature massime.

Adesso proviamo a rifare le stesse cose con le temperature massime annue. Poiché si tratta di estremi che possono risentire di fattori contingenti, è probabile che la varianza spiegata sia minore, in particolare quella dipendente dall'altitudine, malgrado la nota correlazione fra massime e altitudine. È probabile anche che l'analisi sia

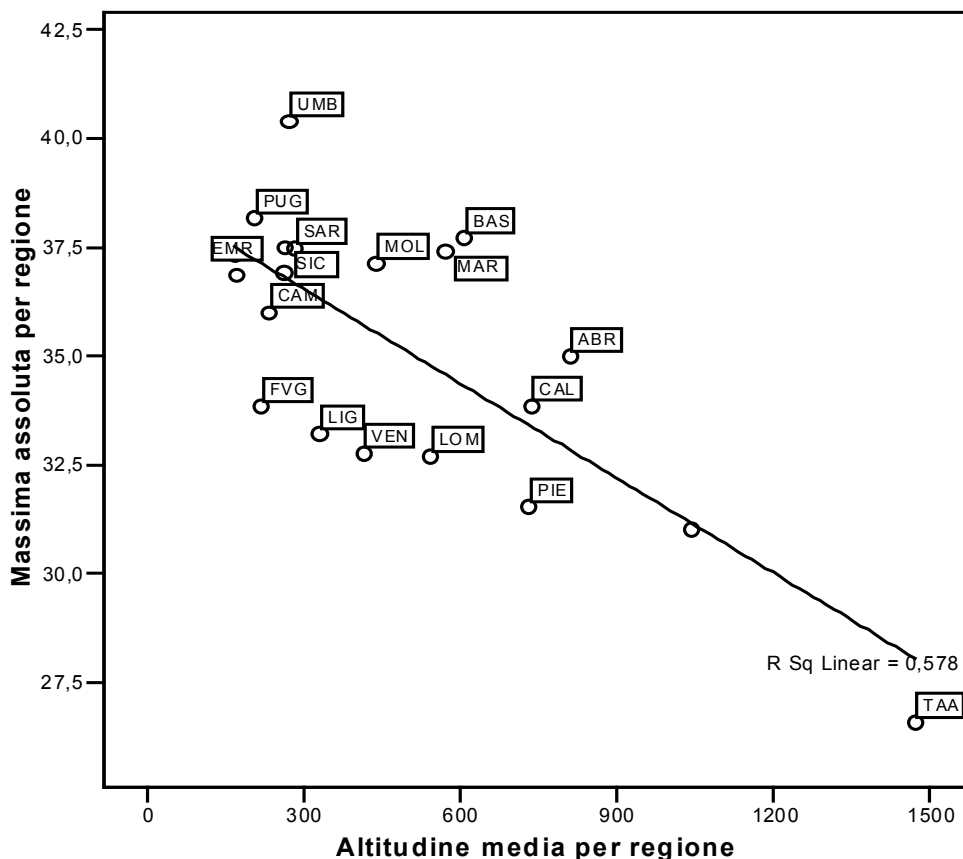


Fig. 2: Relazione fra altitudine e temperatura massima per regione italiana

complessivamente meno interessante. La relazione fra temperature e altitudine naturalmente sussiste anche per le massime, ma come previsto è meno sistematica di quella con le medie. L'altitudine ha una capacità di allineare le massime minore di quella che mostra rispetto alle medie. Senz'altro pesa in questo la circostanza che quelle che stiamo analizzando non sono medie delle massime (cioè la media di 365 dati per ogni stazione) ma massime assolute, cioè un solo dato puntuale per ogni stazione.

In fig. 2 si osserva che esistono almeno due popolazioni distinte di regioni. Friuli, Liguria, Veneto, Lombardia, Piemonte e Trentino-Alto Adige, contro tutte le

altre, salvo Umbria, Basilicata e Marche. Le prime sembrano avere una loro retta, diversa da quella delle altre regioni.

Stimiamo ora i coefficienti di un'equazione interpolante lineare, sui dati stazione per stazione, che quantifichi la relazione fra massime e altitudine, tenendo conto dell'area – Nord, Centro, Sud – simile a quella utilizzata in precedenza.

L'equazione di regressione stimata anche stavolta sarà:

$$\hat{y} = b_0 + b_1(\text{centro}) + b_2(\text{sud}) + b_3(\text{altitudine})$$

con b_0 che dà una media complessiva del Nord, b_1 che dà la differenza di temperatura tra Nord e Centro, e b_2 che dà l'incremento di temperatura per le stazioni del Sud, mentre b_3 indica l'incremento di temperatura per ogni 1000 metri di altitudine della stazione.

Le stime dei coefficienti del modello ci dicono che la media delle massime assolute del Nord stimata al livello del mare è di 35,4°C, e che essa aumenta di 3°C per le stazioni del Centro e di 4°C per quelle del Sud. Così vediamo che il Centro si distingue dal Nord in modo più marcato di quanto non avvenga rispetto alle temperature medie.

Tab. 6: Regressione lineare. Variabile dipendente: temperatura massima assoluta annua.

coefficiente	stima	errore standard	t	p
b_0	35,39	0,120	293,9	0,000
b_1 (centro)	2,95	0,267	11,1	0,000
b_2 (sud)	3,99	0,203	19,6	0,000
b_3 (altitudine)	-5,83	0,162	-36,0	0,000

$R^2 = 0,793$ $N=526$

Anche la differenza fra le massime del Sud e quelle del Nord è maggiore della differenza fra le rispettive medie. Il gradiente legato all'altitudine (-5,83°C per 1000 metri) è assai simile a quello delle medie (-5,63°C). L'effetto dell'altitudine è meno sistematico sulle massime che non sulle medie. Cioè l'effetto dell'altitudine sulla temperatura è più sistematico sulle medie che non sulle massime. In effetti, questo si

Tab. 7. Valori osservati, attesi e residui in base al modello per alcune stazioni italiane.

nr	regione	stazione	altit.	max	attesa	residuo
1	Sardegna	Stintino	35	33.8	39.2	-5.4
2	Lazio	Civitavecchia	3	33.0	38.3	-5.3
3	Lazio	Ponza	184	32.2	37.3	-5.1
4	Sardegna	Olmeto	32	34.5	39.2	-4.7
5	Sardegna	Valledoria	5	35.0	39.3	-4.3
6	Sardegna	Capo Carbonara	116	34.4	38.7	-4.3
7	Toscana	Passo della Cisa	1039	28.0	32.3	-4.3
8	Molise	Termoli	16	35.0	39.3	-4.3
9	Sardegna	Capo Frasca	89	34.6	38.9	-4.3
10	Sardegna	Orosei	65	34.9	39.0	-4.1
11	Veneto	Venezia Istituto Cavanis	20	31.2	35.3	-4.1
12	Veneto	Passo Xomo Posina	1056	25.2	29.2	-4.0
13	Sardegna	Capo Bellavista	138	34.6	38.6	-4.0
14	Puglia	S. Maria di Leuca	104	34.8	38.8	-4.0
15	Veneto	Monte Avena (BL)	1412	23.2	27.2	-4.0
16	Campania	Pontecagnano	29	35.3	39.2	-3.9
17	Campania	Capo Palinuro	184	34.4	38.3	-3.9
18	Lombardia	Ponte di Legno	1265	24.3	28.0	-3.7
19	Veneto	Rifugio la Guardia Recoaro	1131	25.2	28.8	-3.6
20	Calabria	Monte Scuro	1710	26.0	29.4	-3.4
507	Basilicata	Irsina	587	39.2	36.0	3.2
508	Sardegna	Villasalto	555	39.4	36.1	3.3
509	Lombardia	Erba	323	36.8	33.5	3.3
510	Lazio	Viterbo	300	40.1	36.6	3.5
511	Lazio	Caprarola	650	38.1	34.6	3.5
512	Basilicata	Ferrandina	507	40.0	36.4	3.6
513	Liguria	S. Margherita Vara	200	37.8	34.2	3.6
514	Sardegna	Chilivani	216	41.7	38.1	3.6
515	Basilicata	Matera	475	40.2	36.6	3.6
516	Lombardia	Sondrio	307	37.2	33.6	3.6
517	Puglia	Palo del Colle	191	41.9	38.3	3.6
518	Piemonte	Bra	285	37.5	33.7	3.8
519	Sardegna	Benetutti	279	41.6	37.8	3.8
520	Umbria	Marsciano	229	41.1	37.0	4.1
521	Liguria	Padivarma	80	39.2	34.9	4.3
522	Val d'Aosta	Aosta/Saint Christophe	545	36.5	32.2	4.3
523	Basilicata	Aliano	250	42.4	37.9	4.5
524	Lombardia	Bormio	1225	33.3	28.3	5.0
525	Basilicata	Tramutola	1277	37.3	31.9	5.4
526	Liguria	Statale	570	38.0	32.1	5.9
253	Veneto	Belluno Aeroporto	396	33.2	33.2	0.0
424	Abruzzo	Castel di Sangro (AQ)	810	35.0	33.6	1.4
485	Trentino-A.A.	Trento Sud	197	36.8	34.2	2.6

nota anche osservando gli errori standard dei coefficienti: nel caso delle massime essi sono quasi tutti più ampi di quelli stimati nel caso delle medie. Questo ovviamente era

atteso *ex-ante*. Le massime, come le minime, sono statistiche erratiche, fluttuanti, e perciò più difficili da predire in modo sistematico. Per esempio, in occasione di un'importante ondata di caldo un certo sito potrebbe essere interessato da temporali, e avere una massima anomala in basso proprio nel giorno nel quale gli altri siti realizzano la massima più alta dell'anno.

In base al modello in tabella 6, calcoliamo ora i residui come già fatto per le temperature medie, e riportiamo in tabella 7 i 20 valori più estremi in negativo e in positivo. Questa volta, il luogo più "freddo" (in relazione all'altitudine e alla collocazione geografica) è in Sardegna, seguito da due località laziali, e poi da altre tre località sarde. È interessante osservare anche la massima raggiunta da Sondrio, che pure è a testa a testa con Belluno e altre città quali Aosta e L'Aquila come comune

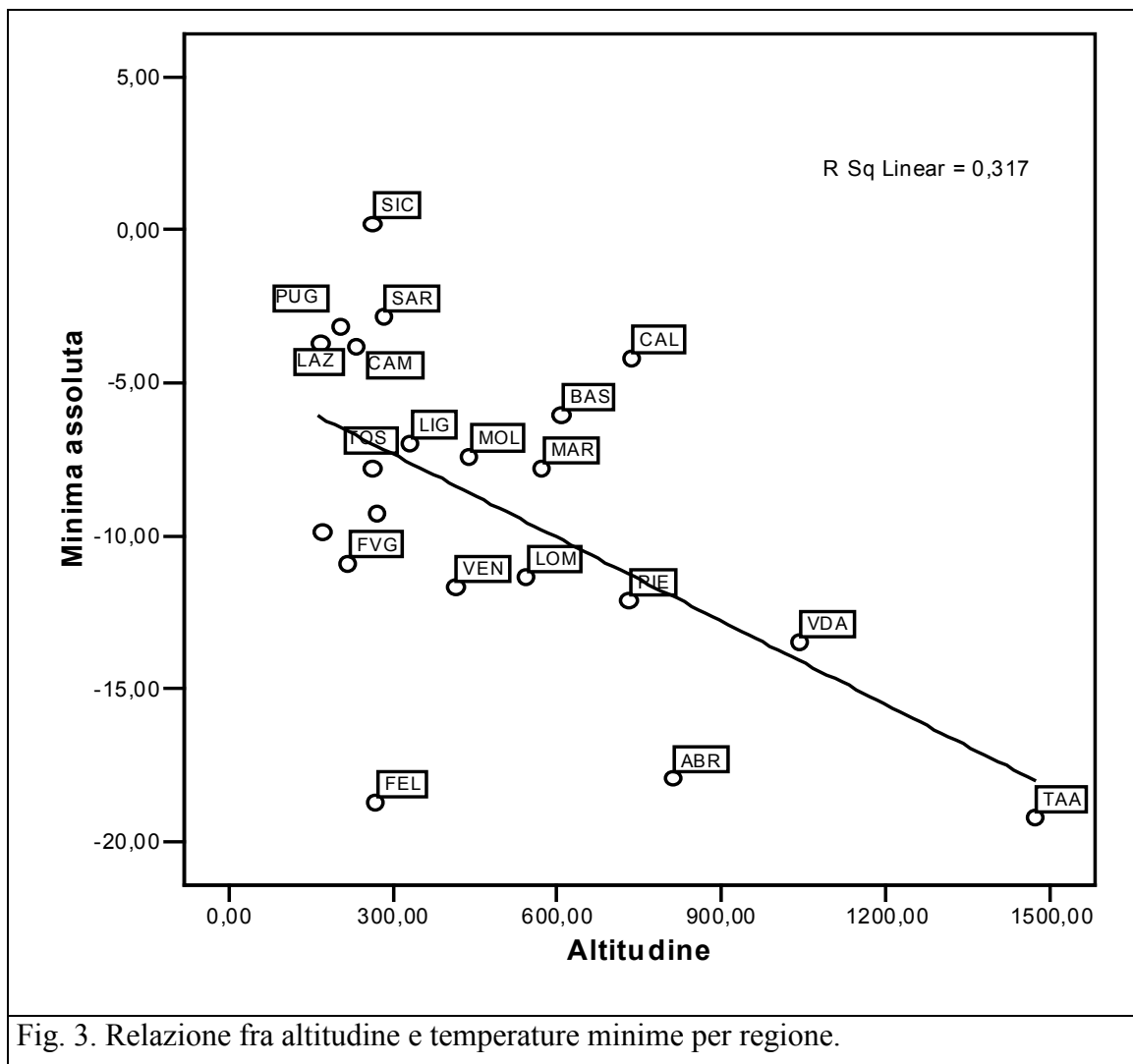


Fig. 3. Relazione fra altitudine e temperature minime per regione.

capoluogo di provincia più freddo (in media annua) d'Italia. Sondrio ha raggiunto $37,2^{\circ}\text{C}$ ($+3,6^{\circ}\text{C}$ rispetto all'attesa teorica) ed entra fra le 20 stazioni di maggior residuo positivo. Anche Aosta (St. Christophe), di par suo, entra nella classifica delle 20 stazioni con un caldo più sorprendente: la sua massima assoluta supera di $4,3^{\circ}\text{C}$ il valore che ci saremmo aspettati in base alla sua altitudine e posizione geografica. In questa analisi delle temperature massime, l'unica stazione in provincia di Belluno che si fa notare è Monte Avena, vicino a Feltre, che raggiunge un residuo negativo di 4°C . Limitando l'attenzione alle stazioni di montagna, incuriosisce la massima raggiunta da Bormio, che ha toccato i $33,3^{\circ}\text{C}$ (residuo $+5,0^{\circ}\text{C}$). Bormio è alto circa quanto Cortina d'Ampezzo, che però si è fermata a 29°C .

I due "osservati speciali", Belluno e Castel di Sangro, si comportano in modo non atipico. Belluno raggiunge i $33,2^{\circ}\text{C}$, con un residuo nullo. Castel di Sangro arriva a 35°C , con un residuo di $+1,4^{\circ}\text{C}$. Questa volta inserisco nella tabella anche Trento sud. Trento ha temperature simili a quelle bolzanine, per cui suggerirei di considerarla anche una ragionevole approssimazione di quel che succede a Bolzano, almeno per il dato di massima assoluta. Trento arriva a un pelo dai 37°C , che per una città a nord del 46° parallelo non è niente male (le città capoluogo a nord del 46° parallelo sono Belluno, Bolzano, Sondrio, Trento e Udine). Va osservato tuttavia che il residuo di $+2,6^{\circ}\text{C}$ per Trento è ben inferiore al $+3,6^{\circ}\text{C}$ di Sondrio e al $4,3^{\circ}\text{C}$ di Aosta. Questo indica che, con una grande similitudine di temperatura massima (circa 37°C) tra le tre città, i 37°C di Trento sono meglio spiegati dalla sua bassa altitudine, mentre quelli di Sondrio e Aosta esprimono un più netto eccesso di calore anche tenuto conto dell'altitudine. Quel che è notevole di Trento (almeno per quanto si osserva e si percepisce in città), tuttavia, non sono tanto i $37-38^{\circ}\text{C}$ una volta ogni tanto, ma i 30°C ancora all'una di notte molte notti da fine giugno a fine agosto, o certi giorni estivi con medie di 28°C nell'arco delle 24 ore, anche se buona parte di questo dipende dall'isola di calore della città e non è, quindi, rilevato dalle stazioni meteo.

6. Altitudine e minime.

Rifacciamo adesso tutta la trafila per le temperature minime. Come la massima assoluta, la minima assoluta è un estremo che può durare poco tempo, presentarsi una sola volta in un anno, essere poco rappresentativo e molto lontano dalla media delle altre minime e

dipendere da cause rare e del tutto atipiche. Esistono tuttavia dei precisi meccanismi legati particolarmente all'orografia, all'altitudine e alla posizione geografica che influenzano sistematicamente la genesi delle temperature minime, e per questa ragione studiare queste grandezze non è privo di senso. In figura 3 presento la relazione fra altitudine e temperature minime; questa volta, aggiungo al grafico la stazione di Feltre (BL), che ha un certo interesse. Per una città di oltre 20.000 abitanti situata a meno di 300 metri sul livello del mare, infatti, è un particolare interessante osservare un estremo di -19°C , anche se come vedremo, tenuto conto dell'altitudine e della posizione settentrionale, non è il record assoluto di allontanamento in negativo dalla temperatura minima attesa. Certamente il disagio climatico di Feltre è assai elevato: al terribile freddo invernale, si aggiungono una media annua piuttosto fresca e l'elevata piovosità (ben 1342 mm nel 2005).

Anche con i dati di temperatura minima si osserva un trend lineare, che però pare influenzato dalle stazioni del Trentino–Alto Adige (fra le quali non è in questo caso compresa Trento). Certo, Castel di Sangro e Feltre raggiungono minime paragonabili a quelle di stazioni di media–alta montagna del Trentino–Alto Adige, 800–1000 metri più alte. In occasione dell'irruzione di inizio marzo 2005, in provincia di Belluno si toccarono picchi di freddo decisamente notevoli, a cominciare dai -35°C di Valmenera, e i dati che qui analizziamo riflettono ampiamente gli effetti di quella gelata così intensa. Anche stavolta la Val d'Aosta non si discosta da quanto atteso in base all'altitudine. Calabria e Sicilia, invece, mostrano di avere minime assolute molto clementi

Passiamo di nuovo al solito modello di regressione lineare. L'equazione stimata con il metodo dei minimi quadrati ordinari sarà di nuovo:

$$\hat{y} = b_0 + b_1(\text{centro}) + b_2(\text{sud}) + b_3(\text{altitudine})$$

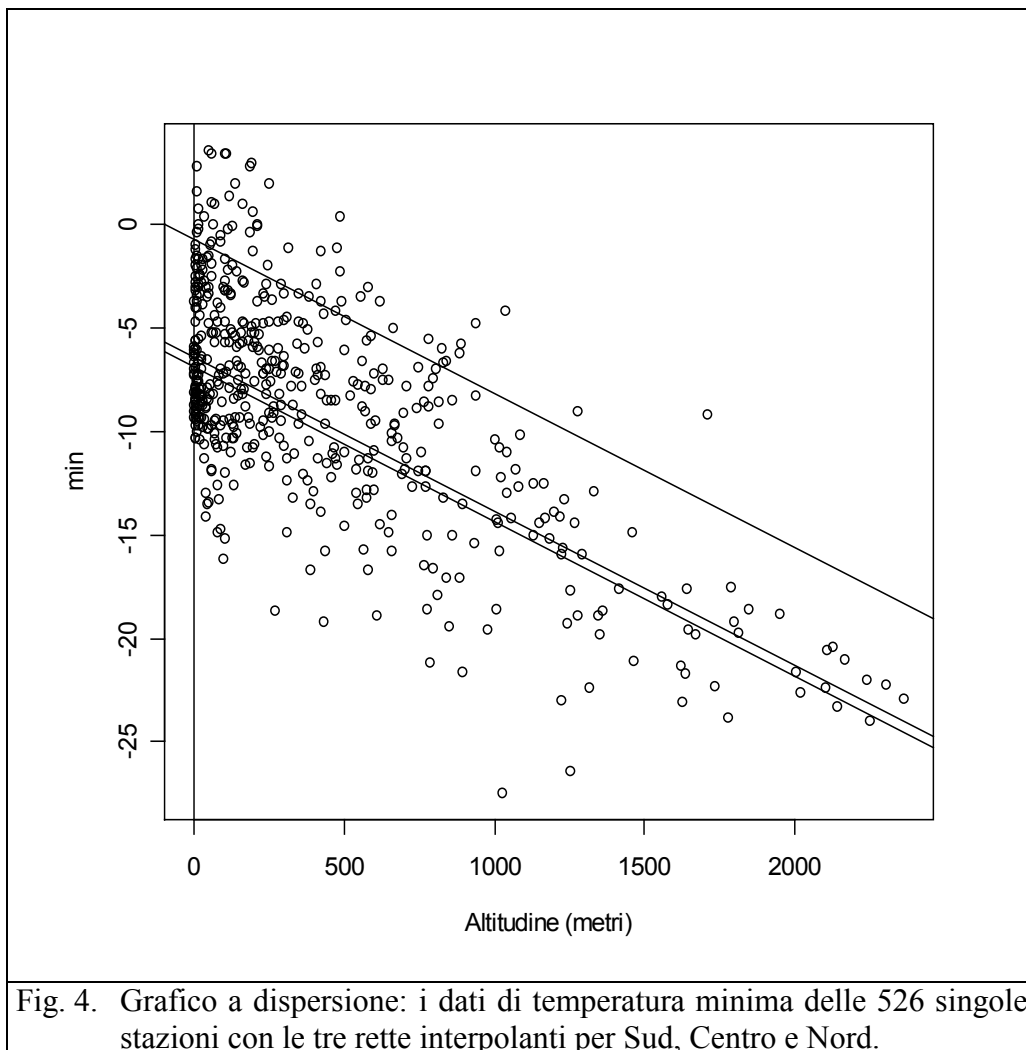
Centro, *sud* e *altitudine* sono di nuovo termini noti, e l'algoritmo stima i valori di b_0 , b_1 , b_2 e b_3 . Il termine b_0 indicherà la media generale delle minime delle stazioni del Nord, b_1 si riferirà alla temperatura addizionale legata alla posizione nelle regioni centrali, b_2 alla temperatura addizionale legata alla posizione nelle regioni meridionali, e b_3 l'effetto additivo di ogni 1000 metri supplementari di altitudine. Vediamo in tab. 8 le stime dei parametri del modello.

La varianza spiegata (0.682) è minore di quella delle massime o delle medie. Quindi altitudine e collocazione geografica hanno un effetto sulle minime meno sistematico di quello che hanno sulle massime e sulle medie. La media complessiva del Nord al livello del mare è vicina a -7°C , con un effetto extra di circa $+6^{\circ}\text{C}$ per il Sud,

Tab. 8: Regressione lineare. Variabile dipendente: temperatura minima assoluta annua.

coefficiente	stima	errore standard	t	p
b_0	-6,91	0,209	-33,1	0,000
b_1 (centro)	0,50	0,462	1,1	0,282
b_2 (sud)	6,16	0,352	17,5	0,000
b_3 (altitudine)	-7,46	0,280	-26,6	0,000

$R^2 = 0.680$ N=526



Tab. 9: valori osservati, attesi e residui in base al modello per alcune stazioni.

Nr	regione	Stazione	altit.	min	attesa	residuo
1	Veneto	Cansiglio Tramedere (BL)	1028	-27.5	-14.6	-12.9
2	Veneto	Val Visdende (BL)	1250	-26.4	-16.2	-10.2
3	Molise	Campochiaro	502	-14.6	-4.5	-10.1
4	Veneto	Feltre (BL)	267	-18.7	-8.9	-9.8
5	Veneto	Castana	430	-19.2	-10.1	-9.1
6	Lombardia	Capralba	96	-16.2	-7.6	-8.6
7	Friuli V.G.	Tarvisio*	785	-21.2	-12.8	-8.4
8	Veneto	S.Stefano di Cadore (BL)	895	-21.6	-13.6	-8.0
9	Emilia-Romagna	Fiorenzuola	80	-14.9	-7.0	-7.9
10	Lombardia	Brescia/Ghedi	102	-15.2	-7.7	-7.5
11	Liguria	Loco Carchelli	610	-18.9	-11.5	-7.4
12	Lombardia	Certosa di Pavia	90	-14.7	-7.6	-7.1
13	Trentino-A.A.	Dobbiaco (BZ)	1222	-23.0	-16.0	-7.0
14	Liguria	Sassello	385	-16.7	-9.8	-6.9
15	Lombardia	Zanzarina	40	-14.1	-7.2	-6.9
16	Emilia-Romagna	Ponticelli	45	-13.5	-6.7	-6.8
17	Veneto	Auronzo (BL)	850	-19.4	-13.2	-6.2
18	Veneto	Montecchia di Crosara	50	-13.4	-7.3	-6.1
19	Friuli V.G.	Tarvisio*	777	-18.6	-12.7	-5.9
20	Veneto	Vicenza	39	-13.0	-7.2	-5.8
507	Liguria	Fiorino	236	-3.5	-8.7	5.2
508	Sicilia	Pantelleria	191	3.0	-2.2	5.2
509	Lazio	Roma/Ciampino	129	-2.0	-7.4	5.4
510	Liguria	Vernazza	160	-2.7	-8.1	5.4
511	Liguria	Savona Istituto Nautico	28	-1.7	-7.1	5.4
512	Lazio	Civitavecchia	3	-1.0	-6.4	5.4
513	Liguria	Arenano	60	-1.9	-7.4	5.5
514	Liguria	Ventimiglia	9	-1.5	-7.0	5.5
515	Liguria	Cenesi	110	-2.2	-7.7	5.5
516	Liguria	Ceriana	938	-8.3	-13.9	5.6
517	Liguria	Sanremo	45	-1.6	-7.2	5.6
518	Liguria	Santuario Monte Gazzo	432	-4.3	-10.1	5.8
519	Liguria	Bestagno	300	-3.3	-9.1	5.8
520	Liguria	Testico	470	-4.2	-10.4	6.2
521	Liguria	Cisano sul Neva	52	-1.0	-7.3	6.3
522	Liguria	Imperia	60	-0.8	-7.4	6.6
523	Liguria	Alassio	10	-0.4	-7.0	6.6
524	Liguria	Borgomaro	244	-2.0	-8.7	6.7
525	Liguria	Camogli	70	1.0	-7.4	8.4
526	Lazio	Ponza	184	2.8	-7.8	10.6
26	Abruzzo	Castel di Sangro (AQ)	810	-17.9	-12.4	-5.5
89	Veneto	Belluno Aeroporto	376	-12.4	-9.7	-2.7

* Nota: A Tarvisio sono attive due stazioni diverse.

mentre l'effetto supplementare del Centro non è significativo. Il Centro, quindi, si comporta come il Nord. L'effetto dell'altitudine, di $-7,5^{\circ}\text{C}$ ogni 1000 metri, pare maggiore di quello sulle massime e sulle medie. Al crescere dell'altitudine, le minime decrescono più velocemente delle medie e delle massime. Sarebbe interessante capire perché. Ora è possibile calcolare nuovamente i residui del modello ed estrarre i 20 valori più estremi in positivo e in negativo per identificare e commentare le caratteristiche di alcune zone, che collochiamo in tabella 9.

Un quarto delle 20 stazioni più fredde rispetto all'attesa sono in provincia di Belluno: Cansiglio-Tramedere, Val Visdende, Feltre, Santo Stefano di Cadore e Auronzo. Davvero notevoli le minime delle prime due stazioni, attorno ai 27°C sotto zero. La minima di Feltre al confronto sembra mite, malgrado i quasi -19°C raggiunti con 10°C di residuo negativo. Interessante anche la minima raggiunta da Vicenza, a soli 40 metri slm, che però ha toccato i -13°C , discostandosi di quasi 6°C dalla temperatura attesa. Passando ai residui positivi, si nota che la maggioranza di essi sono relativi a stazioni liguri. Ecco dove andare ad abitare in tarda età, quando i reumatismi rendono sgradevoli gli inverni rigidi – sempre che non si sia disposti a spostarsi più a sud.

La *performance* di Castel di Sangro si rivela questa volta più interessante: sfiora un estremo di -18°C e realizza un residuo di ben $-5,5^{\circ}\text{C}$. È fuori dai primi 20, ma surclassa zone settentrionali con medie annue ben più fredde come i passi dolomitici, Cortina e Arabba. Si conferma poi che il freddo di Belluno non è dato da *exploit* particolari, nottate polari *una tantum*, picchi nell'ultra-freddo, ma da costanza e tenacia: a Belluno non fa freddissimo qualche volta, ma abbastanza freddo sempre. Gela da ottobre ad aprile, senza mai raggiungere picchi devastanti. Il residuo di appena $-2,7^{\circ}\text{C}$ la colloca solo all'89° posto nazionale fra le stazioni disponibili. Fra i capoluoghi di provincia sui quali abbiamo informazioni, in questa classifica del freddo *inatteso* ha davanti anche Vicenza ($-5,8$), Sondrio ($-5,7$), Parma ($-5,1$) e perfino Potenza ($-4,8$) e Lecce ($-3,7$) – sempre tenendo conto di altitudine e collocazione geografica, anche se si lascia dietro Trento ($-2,4$), Vercelli ($-1,9$), e Udine (-1). La notte della grande gelata di inizio marzo, era presente all'aeroporto di Belluno, dove si trova la stazione meteo, della ventilazione che impedì di sviluppare la temperatura minima che con ogni probabilità ci si poteva attendere, nell'ordine dei $-15/-16^{\circ}\text{C}$.

Tab. 10: Prospetto di sintesi delle analisi di regressione effettuate.

Coefficiente	Variabile dipendente (temperatura)		
	Massima	Minima	Media
b ₀	35,39	-6,91	13,93
b ₁ (centro)	2,96	0,50	0,54
b ₂ (sud)	3,99	6,16	2,88
b ₃ (altitudine)	-5,83	-7,46	-5,63
R ²	0,794	0,682	0,870

7. Conclusione.

Con queste poche analisi elementari è stato possibile farsi un'idea almeno approssimativa dei dati di temperatura di alcune località italiane, di come essi varino rispetto all'altitudine e, assai sommariamente, rispetto alla loro collocazione nelle regioni settentrionali, centrali o meridionali.

La maggioranza dei risultati è della più totale ovvietà. A Nord è più freddo che al Centro e al Sud, e più si va in altura, più diventa freddo. Il dato principale è proprio che la temperatura sia influenzata in modo molto consistente dall'altitudine del punto di rilevazione. L'altitudine sembra essere, per la precisione, il fattore più importante che influenza in modo sistematico la temperatura di un dato luogo.

Il principale risultato interessante per chi scrive è che il bellunese in generale tende ad avere temperature minime significative, mentre Belluno in particolare con i dati del 2005 non risulta poi così fredda. O, meglio, risulta fredda, ma non molto più fredda di quello che ci si può aspettare da una città dell'estremo Nord a circa 400 metri di altitudine, realizzando residui di 0°C sulla massima, -1.5°C sulla media e -2.7°C sulla minima.¹¹ Anche questo potrebbe essere abbastanza ovvio, perché difficilmente si fanno città in luoghi troppo inospitali. Assai interessanti, restando in provincia, le temperature di Feltre, della Val Visdende e del Cansiglio, dove il freddo è veramente notevole. Nel complesso, sulla base dei dati esistenti la provincia di Belluno pare essere fra le zone più fredde d'Italia anche tenendo conto dell'altitudine e della sua posizione

¹¹ A onor del vero, andrebbe detto che una differenza di media di 1.5°C in termini sostanziali è qualcosa di notevole, solo abbiamo visto che altre 35 stazioni hanno residui maggiori. Anche nel caso della minima, 2.7°C non sono un'inezia, ma altre 88 stazioni hanno avuto residui maggiori, anche se probabilmente molte di queste avevano mediamente minime superiori a quelle bellunesi.

nel Nord per quanto riguarda le temperature minime e medie, mentre le massime non si discostano in generale da quanto prevedibile in base a tali parametri.¹²

Come detto, Belluno città si discosta dalle previsioni di $-1,5^{\circ}\text{C}$ per la media annua, del valore di $-2,7^{\circ}\text{C}$ per la minima assoluta, ma non (0°C) per la massima assoluta. Cioè la media è frescolina, le minime è fredda, ma la massima assoluta è in linea con la previsione. I residui corrispondenti per la stazione di Castel di Sangro sono $-0,4^{\circ}\text{C}$ per la media, ben $-5,5^{\circ}\text{C}$ per la minima e $+1,4^{\circ}\text{C}$ per la massima: così la media annuale non è atipica, la massima è poco maggiore di quanto atteso, ma la minima assoluta è assai più fredda del previsto.

Una sorpresa che va citata, osservata analizzando le temperature massime, è che molte delle stazioni con maggiori residui negativi (e che quindi sono più fredde di quanto atteso) sono relative a località meridionali e insulari, particolarmente sarde, e si riferiscono perciò a zone cui gli aneddoti popolari attribuiscono temperature massime brucianti. Ciò avviene perché questo studio sottolinea non già dove si verifica del freddo, ma dove si verifica del freddo inatteso rispetto all'altitudine e alla latitudine. 37°C di massima assoluta annua non sono certo molti nell'entroterra siciliano, ma sono certo molti a Sondrio, Aosta, e anche a Trento. Allo stesso modo, una minima di -15°C non ci sorprende certo molto se si verifica sulle Dolomiti, ma ci sorprende un po' se avviene a bassa altitudine in Sardegna o in Campania.

Proviamo ora a offrire una visione d'insieme delle stazioni più estreme, calcolando un residuo complessivo, dato dalla somma dei residui rispetto ai valori attesi in base ad altitudine e ripartizione territoriale, per media, minima e massima simultaneamente. Questa statistica non avrà probabilmente proprietà particolarmente pregevoli. Concettualmente, essa è una mezza eresia, perché la media non è certo indipendente né dalle minime né dalle massime, ed è una mistura fra due dati occasionali e uno sistematico: perciò calcolarne la somma rischia di essere simile a sommare cavalli e asini: ma con i dati che abbiamo a portata di mano non possiamo fare molto di meglio. Calcolato questo indice, lo collocheremo in tabella 11, simile alle precedenti, presentando i 20 valori più estremi in positivo e in negativo per vedere dove si osservano atipicità complessive su massime, minime e medie.

¹² Analisi non riportata; dettagli tecnici di esecuzione in appendice 2.

Tab. 11: Classifica delle stazioni per residui totali.

nr	regione	stazione	altit.	residui			
				max	min	med	tot
1	VEN	Cansiglio Tramedere (BL)	1028	-2.0	-12.9	-2.9	-17.9
2	VEN	Castana	430	-1.7	-9.1	-2.7	-13.5
3	VEN	Val Visdende (BL)	1250	0.4	-10.2	-2.9	-12.7
4	EMR	Fiorenzuola	80	-2.2	-7.9	-2.3	-12.4
5	VEN	Feltre (BL)	267	1.1	-9.8	-1.9	-10.7
6	FVG	Tarvisio (UD)	785	1.7	-8.4	-2.6	-9.4
7	LOM	Capralba	96	0.3	-8.6	-0.8	-9.1
8	MOL	Campochiaro	502	3.1	-10.1	-2.0	-9.0
9	SAR	Olmeto	32	-4.7	-1.7	-2.3	-8.7
10	LOM	Brescia/Ghedi	102	-0.3	-7.5	-0.7	-8.5
11	VEN	S.Stefano Cadore (BL)	895	1.8	-8.0	-2.1	-8.3
12	LIG	Sassello	385	-0.2	-6.9	-1.0	-8.1
13	CAM	Pontecagnano	29	-3.9	-2.9	-1.2	-8.1
14	CAM	Grazzanise	9	-3.3	-3.2	-1.6	-8.1
15	EMR	Ponticelli	45	0.1	-6.8	-1.4	-8.1
16	LIG	Loco Carchelli	610	0.7	-7.4	-0.9	-7.7
17	EMR	Piacenza	134	-1.2	-5.2	-1.3	-7.7
18	EMR	Parma_Stuard	59	-1.4	-5.1	-1.0	-7.5
19	LOM	Clusone (BG)	309	-1.7	-3.2	-2.6	-7.5
20	VEN	Montecchia di Crosara	50	0.0	-6.1	-1.2	-7.4
507	LAZ	Guidonia	88	3.0	3.1	1.8	7.9
508	TOS	Radicofani	816	1.6	3.9	2.4	7.9
509	LIG	Santuario Monte Gazzo	432	-0.3	5.8	2.4	8.0
510	LOM	Como	201	2.7	2.7	2.6	8.0
511	TOS	Monte Argentario	630	1.5	4.1	2.6	8.2
512	PIE	Mondovì	559	2.1	4.5	1.7	8.3
513	LIG	Arenzano	60	-1.6	5.5	4.6	8.4
514	LAZ	Ponza	184	-5.1	10.6	3.1	8.6
515	LIG	Serò di Zignago	630	1.8	4.1	2.7	8.6
516	LIG	Borgomaro	244	-1.2	6.7	3.1	8.7
517	LAZ	Viterbo	300	3.5	4.0	1.3	8.9
518	LIG	Testico	470	-0.2	6.2	3.0	9.0
519	BAS	Tramutola	1277	5.4	1.3	2.4	9.0
520	SIC	Prizzi	1034	3.0	4.3	1.7	9.0
521	LIG	Bestagno	300	0.6	5.8	2.7	9.1
522	BAS	Matera	475	3.6	3.2	2.7	9.4
523	LIG	Vernazza	160	1.2	5.4	3.1	9.7
524	LAZ	Caprarola	650	3.5	3.8	2.5	9.8
525	LIG	Camogli	70	-1.0	8.4	3.4	10.8
526	LIG	Statale	570	5.9	2.2	3.3	11.4
59	ABR	Castel di Sangro (AQ)	810	1.4	-5.5	-0.4	-4.5
69	VEN	Belluno Aeroporto	376	0.0	-2.7	-1.5	-4.2

Capitale del freddo sembra ancora l'altipiano del Cansiglio, con il micidiale *deficit* termico di 18°C, seguito stavolta da Castana – distaccata di quasi 4,5°C – e dalla Val

Visdende. Feltre guadagna un onorevole quinto posto nazionale. Fra i capoluoghi di provincia si fa notare stavolta Piacenza, che pare proprio sistematicamente più fredda di quanto posizione geografica e altitudine facciano prevedere. Peraltro ho osservato varie volte esaminando le temperature offerte dal Televideo Rai (pag. 702 e dintorni) che durante l'inverno 2005-2006 questa città si faceva decisamente rispettare nelle minime. Mi sorprende un po', invece, il *rating* di Clusone (BG), che per la pur fugace esperienza che ne ho non mi parrebbe così fredda. Per invidia (specie circa le spese di riscaldamento) non commento ulteriormente i residui positivi relativi ai luoghi più caldi di quanto dovrebbero essere.

8. Nota metodologica. Natura delle stazioni e stima delle temperature medie.

I dati analizzati in questo lavoro sono provenienti da un insieme di stazioni che non è certo un campione casuale né di luoghi italiani né di stazioni italiane. Questo rende in qualche misura discutibili alcune delle analisi presentate. Le tecniche di regressione che abbiamo usato, infatti, funzionano sotto l'assunto che i dati analizzati siano un campione estratto casualmente da una popolazione. Tecnicamente, la regressione funziona anche se i dati analizzati non sono un buon campione; però alcune proprietà dei risultati (come le proprietà BLUE¹³ delle stime e la loro generalizzabilità a una popolazione nota di stazioni) non sono più garantite; buona parte dei risultati presentati, perciò, deve essere considerata puramente descrittiva con valore limitato al particolare insieme di stazioni disponibili. Le stime dei gradienti di temperatura per altitudine, ad esempio, vanno viste come caratteristiche proprie delle 526 stazioni osservate, e non come leggi fisiche generali valide sempre e ovunque. Occorre tener presente anche che attraverso strumenti statistici specificamente studiati per dati climatici è possibile produrre analisi più professionali e interessanti di quelle qui presentate in questo lavoretto hobbistico.

Sempre dal punto di vista della composizione del set di dati analizzato, va citato il fatto – già evidenziato nel paragrafo 1 – che la distribuzione delle stazioni analizzate non è particolarmente esauriente. Qualunque siano i criteri con i quali sono state selezionate le stazioni, essi trascurano numerose aree climaticamente interessanti, a cominciare dall'Abruzzo – per il quale abbiamo solo la stazione di Castel di Sangro, e il

¹³ *Best Linear Unbiased Estimates*: migliori stime lineari esenti da errore sistematico.

Trentino-Alto Adige, rappresentato da sole 4 stazioni. I risultati qui presentati suggeriscono che il “campione del freddo” sia l’Altipiano del Cansiglio. Vi è però in Veneto un altro altipiano dove si verificano temperature minime assolute estremamente rigide: si tratta dell’Altipiano di Asiago, in provincia di Vicenza, dove sono attive le stazioni di Marcesina e di Asiago-aeroporto, certo non meno interessanti di quelle che abbiamo visto qui. Queste stazioni non ci sono messe a disposizione dalla fonte dei dati che qui analizziamo, e perciò ci resterà il dubbio di aver trascurato un’area climaticamente assai particolare, e interessata al momento della stesura di questo testo da una campagna di monitoraggio sperimentale curata dall’Arpav tesa ad accertarne le peculiarità climatiche.

Un altro aspetto metodologico che deve essere menzionato è relativo alle temperature medie che abbiamo a disposizione. In linea di principio, la media è un indicatore di sintesi che dovrebbe essere costituito dalla sommatoria dei dati divisa per il numero di addendi. Se vogliamo stimare la temperatura media giornaliera, dovremmo virtualmente calcolare la sommatoria di un numero, il più alto possibile, di osservazioni della temperatura, e dividerla per il numero stesso di osservazioni. Più fitte sono le misure, migliore sarà la precisione della stima della media. Infatti cerchiamo di sintetizzare in un solo numero un dato come la temperatura che varia nel tempo, con funzioni normalmente asimmetriche e certamente non costanti.

Nel set di dati qui analizzato, la temperatura media è calcolata come media aritmetica delle medie giornaliere, calcolando queste ultime come media aritmetica semplice (somma divisa per due) della temperatura massima e minima giornaliera. Ciò comporterebbe una stima delle medie giornaliere sulla base di due soli dati (la massima e la minima della giornata), che per alcune stazioni potrebbe originare una sovrastima della media annua anche di mezzo grado o più. La media delle semisomme degli estremi (detta anche *midrange*) è una statistica che non corrisponde alla media integrale, e quando si interpretano i risultati di queste analisi bisogna tenerne conto.

9. Bibliografia.

APAT (2006). Gli indicatori del clima in Italia nel 2005. Documento reperibile online presso l'indirizzo internet

http://www.sinanet.apat.it/it/documentazione/ipertesti/2006/scia/report_2005/

SISTEMA NAZIONALE DI RACCOLTA, ELABORAZIONE E DIFFUSIONE DI DATI CLIMATOLOGICI DI INTERESSE AMBIENTALE DELL' APAT.

CON L'UTILIZZO DI DATI FORNITI DA:

AM (Servizio Meteorologico dell' Aeronautica Militare)

UCEA (Ufficio Centrale di Ecologia Agraria)

ARPA Emilia Romagna

ARPA Friuli Venezia Giulia

ARPA Valle d'Aosta

ARPA Piemonte

ARPA Veneto

ARPA Lombardia

ARPA Liguria

ARPA Toscana

ARPA Sardegna

ARPA Basilicata

APAT (2006). Dati tratti dall'indirizzo internet

<http://www.sinanet.apat.it/it/documentazione/ipertesti/2006/scia/Tabelle/Tabella%201>, pagina visitata nel gennaio 2007.

BAFFO F., DESIATO F., LENA F., SUATONI B., TORETI A., BIDER M., CACCIAMANI C., TINARELLI G. (2005). *Criteri di calcolo degli indicatori meteorologici*. Roma, Apat. Documento disponibile per il download presso l'indirizzo internet www.scia.sinanet.apat.it

COLACINO M., CONTE M. (1995). *La meteorologia*. Milano, Fenice 2000.

CRIVELLARI F. (2006). *Analisi statistica dei dati con R*. Milano, Apogeo.

DESIATO F., LENA F., BAFFO F., SUATONI B., TORETI A. (2005). *Indicatori del clima in Italia elaborati attraverso il sistema SCIA*. Roma, Apat. Documento disponibile per il download presso l'indirizzo internet www.scia.sinanet.apat.it

EVERITT B.S., HOTHORN T. (2006). *A Handbook of Statistical Analyses Using R*. Boca Raton, Chapman & Hall/CRC.

GUJARATI D.N. (2003). *Basic Econometrics. 4th edition*. New York, McGraw-Hill.

IACUS S.M., MASAROTTO G. (2007). *Laboratorio di statistica con R, seconda edizione*. Milano, McGraw-Hill.

MAINDONALD J.H. (2001). *Using R for Data Analysis and Graphics. An Introduction*. Australian National University, Graduate School.

THE R DEVELOPEMENT CORE TEAM (2005). *R: A Language and Environment for Statistical Computing. Version 2.2.1*. R Foundation for Statistical Computing.

Appendice 1. Comandi R per replicare alcune delle analisi presentate.

```
## ANALISI DATI METEO
## EDF 8 FEBBRAIO 2007

library(foreign)
dati<-read.csv("datimeteo.csv")

codreg <- dati$CODREG
regione <- dati$REGIONE
stazione <- dati$STAZIONE
altit <- dati$ALTIT
altitkm <- dati$ALTITKM
media <- dati$MEDIA
min <- dati$MIN
max <- dati$MAX
esc <- dati$ESC
prov.bl <- dati$PROBL
area <- dati$AREA3
nord <- dati$NORD
centro <- dati$CENTRO
sud <- dati$SUD

## FILE INFO:
## codreg e regione = regione
## stazione = località stazione
## altit in metri. altitkm = altit/1000
## media, min, max, esc = dati di temperatura
(media,minima,massima,escursione)
## prov.bl = 1 se staz. in prov. di BL, altrimenti 0
## area 1=nord, 2=centro, 3=sud
## nord = 1 per regioni settentrionali, altrimenti 0
## centro = 1 per regioni centrali, altrimenti 0
## sud = 1 per regioni meridionali e isole, altrimenti 0
## NOTA: LAZIO E ABRUZZO classificati come CENTRO
```

```
## MEDIE AL VARIARE DELL'ALTITUDINE
## regressione lineare
r.media <- lm(media ~ centro + sud + altitkm )
```

```
summary(r.media)
```

```
## MASSIME AL VARIARE DELL'ALTITUDINE
## regressione lineare
r.max <- lm(max ~ centro + sud + altitkm )
```

```
summary(r.max)
```

```
## MINIME AL VARIARE DELL'ALTITUDINE
## regressione lineare
r.min <- lm(min ~ centro + sud + altitkm )
```

```
summary(r.min)
```

Appendice 2. Ulteriori analisi (non riportate) per la provincia di Belluno.

```
## REGRESSIONE (MINIMA) CON LA PROVINCIA DI BELLUNO FITTATA "AD HOC"
## regressione lineare
r.min.BL <- lm(min ~ centro + sud + altitkm + prov.bl)
```

```
summary(r.min.BL)
```

```
## REGRESSIONE (MASSIMA) CON LA PROVINCIA DI BELLUNO FITTATA "AD HOC"
## regressione lineare
r.max.BL <- lm(max ~ centro + sud + altitkm + prov.bl)
```

```
summary(r.max.BL)
```

```
## REGRESSIONE (MEDIA) CON LA PROVINCIA DI BELLUNO FITTATA "AD HOC"
## regressione lineare
r.med.BL <- lm(media ~ centro + sud + altitkm + prov.bl)
```

```
summary(r.med.BL)
```

```
## CONCLUSIONE: CONTROLLANDO ALTITUDINE E NORD/CENTRO/SUD, LA PROVIN-
## CIA DI BL DIFFERISCE SIGNIFICATIVAMENTE PER MEDIE (-1,1°) E MINIME
## (-4,1°), MA NON PER MASSIME (+0,1° NON SIGNIFICATIVO)
```

Appendice 3. Analisi su minime, massime e medie con solo altitudine (non riportate).

```
## analisi con solo altitudine e intercetta
r.media <- lm(media ~ altitkm )
summary(r.media)
```

```
r.min <- lm(min ~ altitkm )
summary(r.min)
```

```
r.max <- lm(max ~ altitkm )
summary(r.max)
```