NOTA TECNICA

Correzione della temperatura GFS a Trento Laste

Giovanni Lorenzo Calcaterra

Sommario

ValleCast Alpine applica una correzione statistica alle previsioni orarie di temperatura a 2 m di NOAA GFS Global per la stazione Meteotrentino T0129. Tre regressioni Ridge stimano lo scarto rispetto alle osservazioni usando, in successione, temperatura GFS e cicli temporali, differenza di pressione tra Innsbruck e Verona, e vento e umidità locali. Nel caso del 18 novembre 2026, il MAE passa da 3,11 °C per GFS a 1,97, 1,89 e 2,00 °C per le tre varianti, rispettivamente, sulle 11 ore con stime e osservazioni comuni. Le osservazioni erano provvisorie. Il caso documenta il metodo di verifica e motiva ulteriori prove su altre corse, stagioni e stazioni.

Parole chiave · GFS, temperatura a 2 m, correzione statistica, verifica oraria

1 Introduzione

La previsione di un modello globale e la misura di una stazione di valle rappresentano scale spaziali diverse. L’esposizione del sito, la stratificazione nei bassi strati e il raffreddamento notturno possono contribuire agli scarti locali.

ValleCast Alpine verifica se una correzione statistica riduce l’errore della temperatura a Trento Laste. L’oggetto di questo studio è la temperatura oraria a 2 m per la stazione T0129. La valutazione numerica qui presentata riguarda una corsa e una giornata.

Il **Laboratorio** recupera una corsa a scelta, confronta GFS e ValleCast e consente di esportare previsioni e verifica. Il calcolo e il confronto con il file della stazione avvengono nel browser.

2 Dati e acquisizione

Il Laboratorio interroga NOAA GFS Global tramite la *Single Runs API* di Open-Meteo [1] per il ciclo selezionato (00, 06, 12 o 18 UTC), richiedendo tre giorni di valori orari. A Trento usa temperatura e umidità relativa a 2 m e vento a 10 m. A Innsbruck e Verona usa la pressione ridotta al livello del mare.

L’addestramento usa invece il prodotto *Previous Runs* a +24 h [2]. Per le due varianti bariche, i metadati dei coefficienti riportano 6.546 ore tra gennaio e settembre 2025, con qualità Meteotrentino pari a 1.

Le osservazioni di temperatura provengono dalla stazione Meteotrentino Trento Laste. Il Laboratorio legge l’esportazione della stazione in CSV o ZIP [3].

3 Correzione statistica

La variabile da stimare è il residuo $r = T_{oss} - T_{GFS}$. La regressione Ridge usa un'intercetta e coefficienti stimati su variabili standardizzate, con penalizzazione α = 0,1. La temperatura corretta è la temperatura GFS più il residuo stimato.

$$\hat{T} = T_{GFS} + \beta_0 + \sum_{j=1}^{p} \beta_j \frac{x_j - \mu_j}{\sigma_j} \qquad (1)$$

Nel Laboratorio, medie, scale e coefficienti rimangono quelli stimati in addestramento. Il CSV osservativo serve alla verifica.

ValleCast 1.0. Usa T_{GFS}, seno e coseno dell'ora (periodo 24 h) e del giorno dell'anno (365 giorni) e i quattro prodotti tra i termini giornalieri e annuali. L'ora delle variabili cicliche è UTC+1 tutto l'anno.

ValleCast + pressione. Aggiunge la differenza Δp e la parte positiva $\Delta p^{+} = \max(\Delta p, 0)$.

$$\Delta p = p_{Innsbruck} - p_{Verona} \qquad (2)$$

Δp è una differenza in hPa. L'interfaccia la indica come «gradiente».

Variante completa e ore eleggibili

ValleCast + FöhnWatch. Aggiunge velocità del vento U, umidità relativa, termine U cos D e interazione Δp^{+} cos D. D è la direzione di provenienza del vento, misurata in senso orario dal nord.

Le tre correzioni sono applicate solo tra +20 e +30 h, estremi inclusi, e sulle ore con pressioni, vento e umidità utilizzabili. L'anticipo L è la differenza tra l'ora di validità e quella di inizializzazione della corsa. L'uso di coefficienti a +24 h per tutti gli anticipi della finestra è un'assunzione operativa.

4 Verifica oraria

Il confronto abbina in UTC i campioni alle ore intere, senza calcolare medie suborarie né interpolare i dati mancanti. L'archivio Meteotrentino usa l'ora solare fissa (UTC+1). Il sito usa il fuso italiano per la visualizzazione e rispetta l'offset esplicito quando è presente nel file [3].

Le metriche usano le stesse ore per tutti i modelli. Il filtro qualità può escludere le misure provvisorie con codice 145.

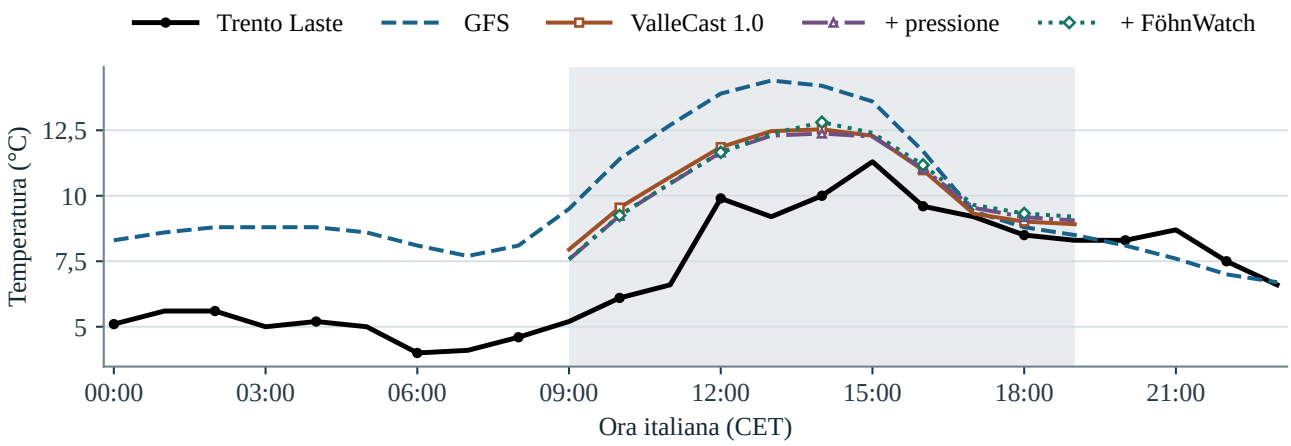


Figura 1. Temperature a Trento Laste il 18 novembre 2026 per la corsa GFS del 17 novembre, 12 UTC. La fascia grigia delimita le ore corrette (+20–30 h). Le 24 osservazioni sono provvisorie (codice 145).

5 Caso di studio del 18 novembre 2026

Delle 24 ore abbinate, 11 rientrano nella finestra di correzione (09:00–19:00 CET). L'errore firmato è $e_i = T_{prev,i} - T_{oss,i}$. Per n ore comuni, le statistiche sono definite come segue.

$$\mathrm{MAE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|e_i| \tag{3}$$

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}e_i^2} \tag{4}$$

$$\mathrm{Bias} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}e_i \tag{5}$$

GFS sovrastima la temperatura in tutte le 11 ore comuni. Il suo errore massimo è di +6,1 °C alle 11:00 CET. In questo caso ciascuna correzione riduce MAE e RMSE. La variante con pressione ha il MAE più basso (1,89 °C, contro 3,11 °C per GFS). I bias restano positivi.

Nelle ore corrette, Δp varia tra −1,1 e +3,2 hPa. La serie barica è riportata per contestualizzare la corsa. La differenza di pressione, da sola, non permette di attribuire al föhn gli errori di temperatura.

Tabella 1. Statistiche di errore sulle 11 ore comuni. Tutti i valori sono in °C.

Modello	MAE	RMSE	Bias
GFS	3,11	3,75	+3,11
ValleCast 1.0	1,97	2,35	+1,97
ValleCast + pressione	1,89	2,19	+1,89
ValleCast + FöhnWatch	2,00	2,28	+2,00

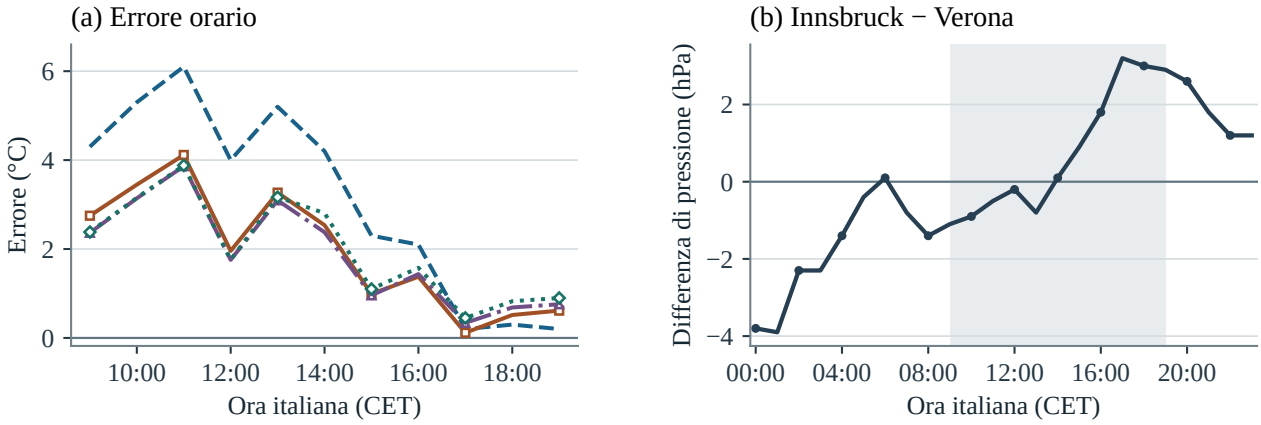


Figura 2. (a) Errori firmati sulle 11 ore comuni, con colori e stili della Figura 1. (b) Differenza di pressione oraria GFS tra Innsbruck e Verona. La fascia individua le stesse ore.

Il confronto di una giornata con misure provvisorie non consente di stimare la prestazione media del metodo né di stabilire se l'aggiunta di una variabile migliori stabilmente la correzione.

6 Discussione e sviluppi

Validazione ed estensione

La verifica deve coprire più corse e stagioni, distinguendo le ore di validità e l'anticipo. Le prestazioni si misureranno su blocchi temporali esclusi dall'addestramento, con dati validati e conteggi espliciti. Questo consentirà di separare l'effetto dei predittori dalla variabilità tra giornate.

Per estendere il progetto oltre Trento Laste, il primo passo è una seconda stazione della Valle dell'Adige con serie orarie sufficienti e diversa quota o esposizione. Si confronteranno trasferimento dei coefficienti e ricalibrazione locale sulla stessa stazione.

Il confronto con ECMWF va ripreso su ore, anticipi e osservazioni comuni. I correttori calibrati su GFS andranno verificati prima del trasferimento a un altro modello.

foehnix come metodo esterno

La diagnosi probabilistica del föhn con un modello a miscela è stata pubblicata da **David Plavcan, Georg J. Mayr e Achim Zeileis** nel 2014 [4]. **foehnix** è il pacchetto open source di terzi che implementa questa impostazione [5]. ValleCast ne propone una valutazione per Trento. Il correttore termico qui descritto è un metodo distinto.

La prima prova richiede osservazioni locali di vento e umidità, settori di vento coerenti con la valle e, se disponibile, una stazione in quota per valutare la differenza di temperatura potenziale. Si confronteranno un modello con la sola stazione di valle e un modello valle–quota su episodi valutati indipendentemente.

L'uscita iniziale riguarderebbe la probabilità di föhn nelle ore già osservate. Per prevederlo servirebbe una prova separata, usando solo informazioni disponibili al momento della corsa e verificando le probabilità su episodi tenuti fuori dall'addestramento.

Riferimenti

[1] Open-Meteo. *Single Runs API*. Documentazione del recupero per corsa.

[2] Open-Meteo. *Previous Model Runs API*. Documentazione delle serie per anticipo.

[3] Meteotrentino. *Guida al download dei dati storici*. Archivio e codici di qualità.

[4] Plavcan, D., Mayr, G. J. e Zeileis, A. (2014). Automatic and Probabilistic Foehn Diagnosis with a Statistical Mixture Model. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 53(3), 652–659. DOI 10.1175/JAMC-D-13-0267.1

[5] Stauffer, R. et al. *foehnix*. Documentazione del pacchetto e applicazione a Ellbögen.

Dati del caso di studio. CSV orario del 18 novembre 2026.

Codice del modello (licenza MIT). Scarica il codice sorgente (ZIP).