

TIROCINIO BREZZE

TOMMASO FERI



ARGOMENTI TIROCINIO

Studio delle cause che portano all'insorgere delle brezze di mare e di terra

Analisi dei dati rilevati dalle stazioni dell'ARPA FVG per riscontrare le correlazione previste dal modello teorico

Creazione di un semplice modello analitico per la modellazione delle brezze

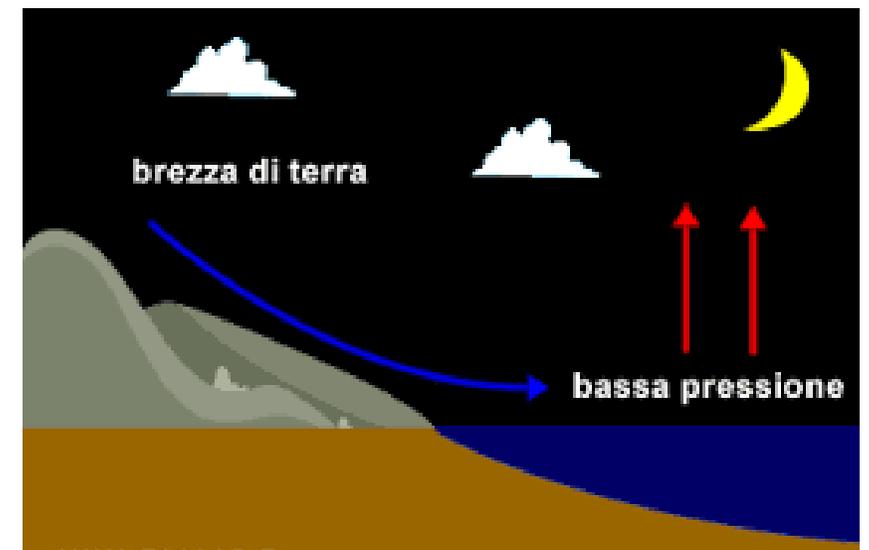
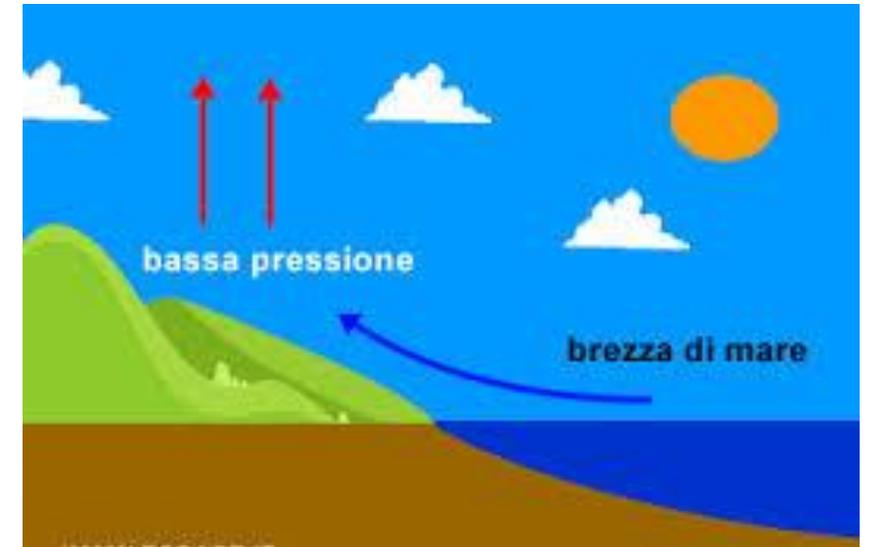
Confronto dei dati calcolati grazie al modello analitico con quelli reali rilevati dalle stazioni metereologiche

Cosa sono le brezze?

Le brezze sono fenomeni che riguardano la mesoscala 2-100km

Sono causate dal diverso calore specifico tra acqua e terra

Possono essere distinte in brezze di mare, ovvero le brezze diurne che soffiano dal mare verso terra, e in brezze di terra che soffiano la notte dalla terra verso il mare



Correlazione ΔT e insorgere delle brezze

ΔT è la differenza tra la temperatura del mare e la temperatura nell'entroterra, nel caso specifico verrà presa come temperatura del mare la media tra le temperature rilevate a Trieste, Grado e Lignano e come temperatura dell'entroterra quella rilevata a Udine.

$$\Delta T = T_{H2O} - T_{Udine}$$

$$T_{H2O} = \frac{T_{Grado} + T_{Trieste} + T_{Lignano}}{3}$$

Correlazione ΔT e insorgere delle brezze

La correlazione tra ΔT e l'intensità dei venti è stata valutata grazie a un test d'ipotesi.

L'ipotesi nulla H_0 è che i due set di dati siano indipendenti.

Uso la statistica di test $t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$ con r il coefficiente di Pearson definito come

$$r = \frac{\text{cov}(\Delta T, \text{vento})}{\sigma_{\Delta T} \sigma_{\text{vento}}}$$

t si distribuisce come un T di Student a n gradi di libertà, posso pertanto andare a calcolare il livello di significatività associato alla mia statistica di test per poi accettare o rifiutare H_0

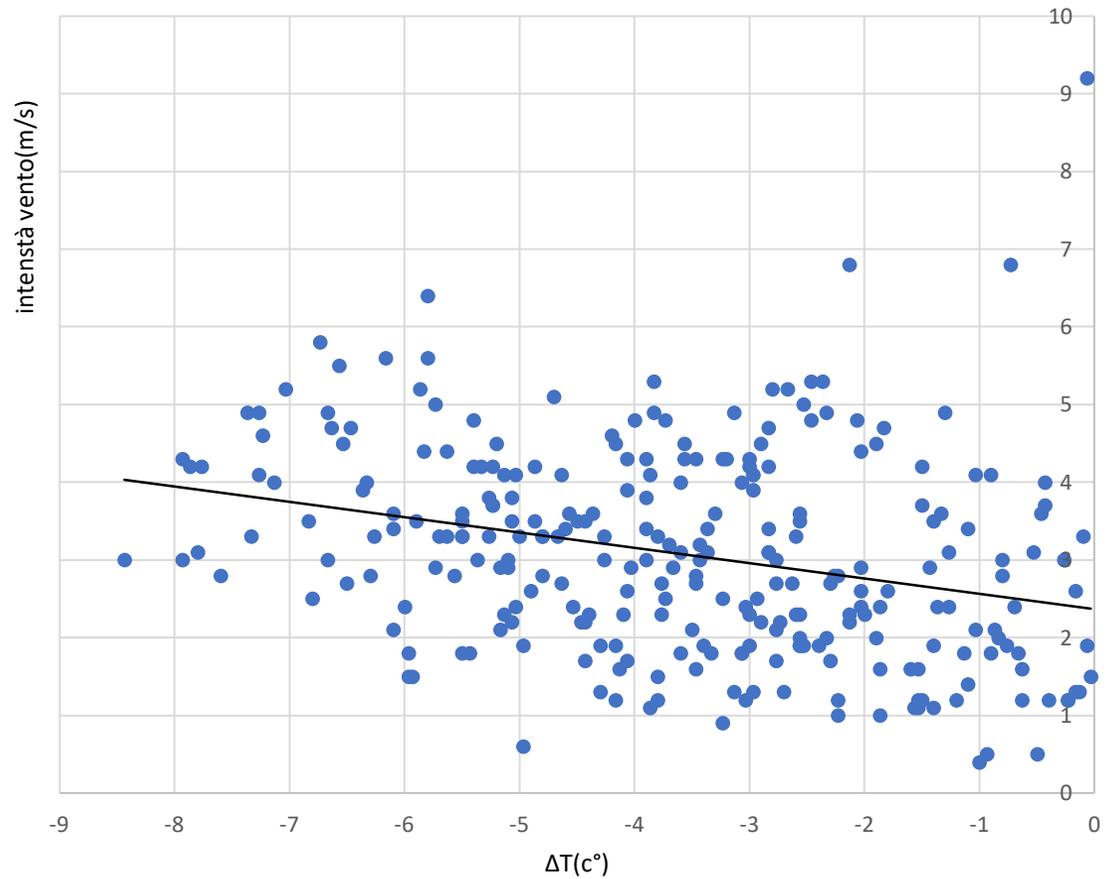
Selezione dei dati

Una volta eliminati i dati non rilevati dalle stazioni metereologiche, si è proceduto a calcolare ΔT e a verificarne la correlazione prima con tutte le misure dei venti indiscriminatamente e poi con diversi set selezionati secondo diversi criteri

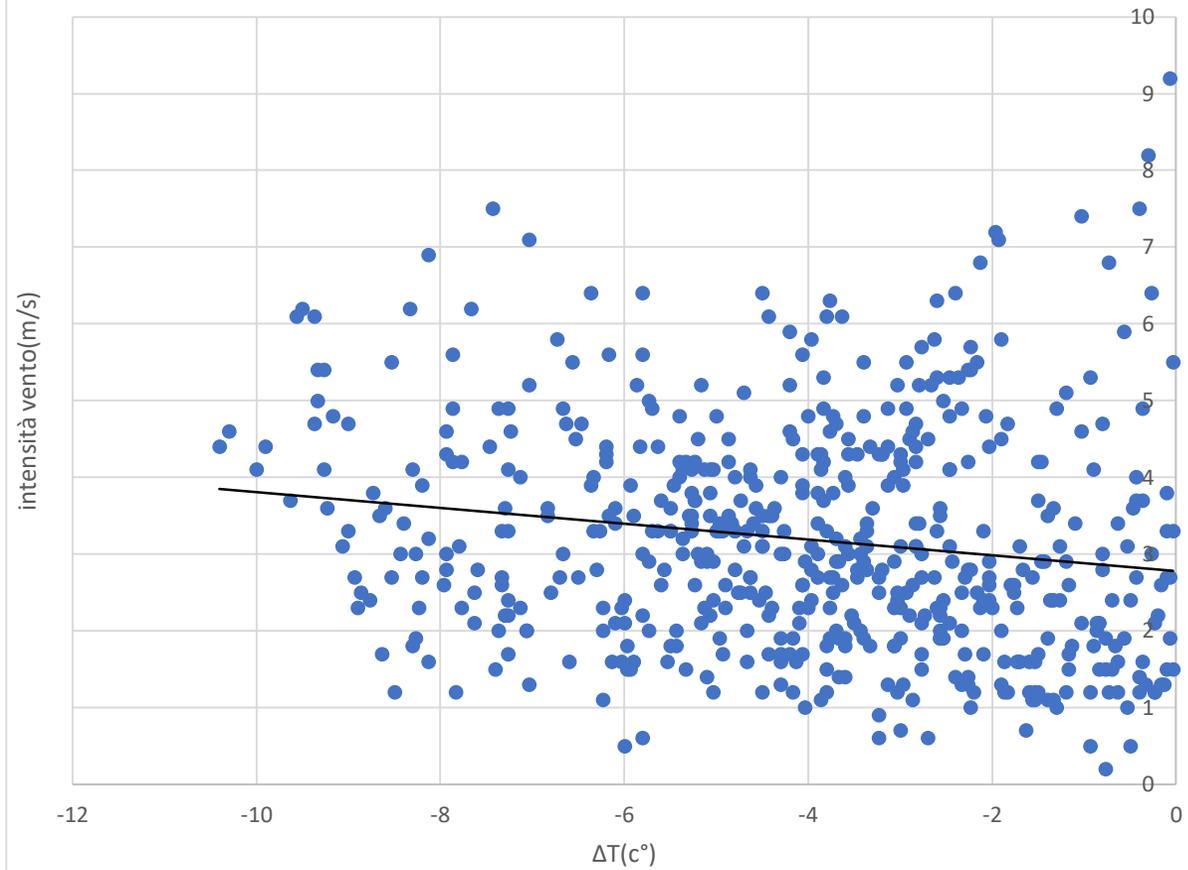
- Direzione del vento, per separare i termici diurni da quelli notturni, e cercare di limitare il 'rumore' causato da venti non di brezza
- ΔT maggiore o minore di 0
- Visivamente andando a studiare le serie temporali, selezionando le giornate in cui grazie all'esperienza si riconoscono i tratti caratteristici dei fenomeni di brezza

	LIVELLO SIGNIFICATIVITA' TEST TDST					COEFFICIENTE DI PEARSON			
	LIG	FOS	TS	UD		LIG	FOS	TS	UD
Tutti i venti	$1,44 \times 10^{-5}$	$7,1 \times 10^{-36}$	0,1885	$3,5 \times 10^{-38}$		0,109	-0,317	-0,030	-0,331
Direz. spec	$4,6 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-4}$	$6,8 \times 10^{-5}$	$2,42 \times 10^{-8}$		-0,216	-0,187	-0,318	-0,28
Sud 180	0,14	$3,5 \times 10^{-5}$	0,3171	0,5315		0,047	-0,167	0,044	-0,003
Sud 90	0,02	0,3	0,7175	0,7189		0,110	0,032	-0,09	-0,095
Selez.visiva		$4,68 \times 10^{-38}$					-0,480		

Selez. visiva Fossalon giorno



Selez. dir. tra 90° e 270° Fossalon

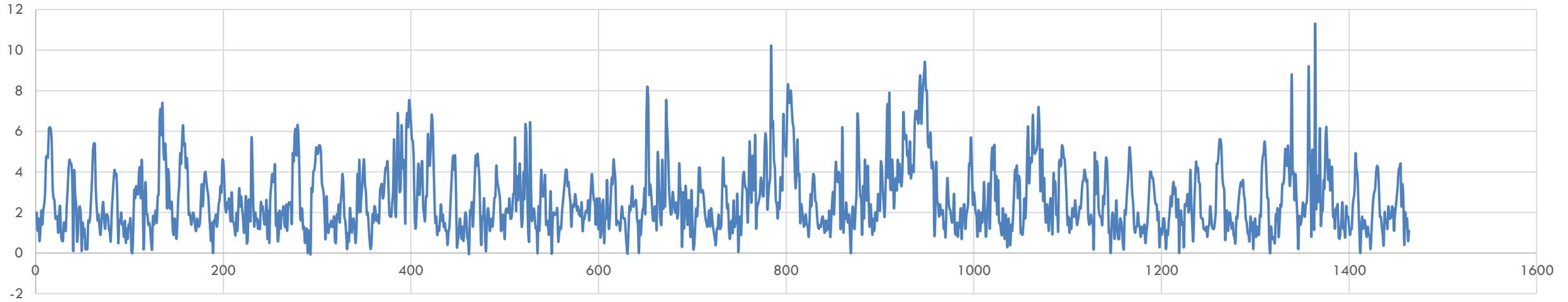


DIREZIONI MEDIE VENTI DIURNI

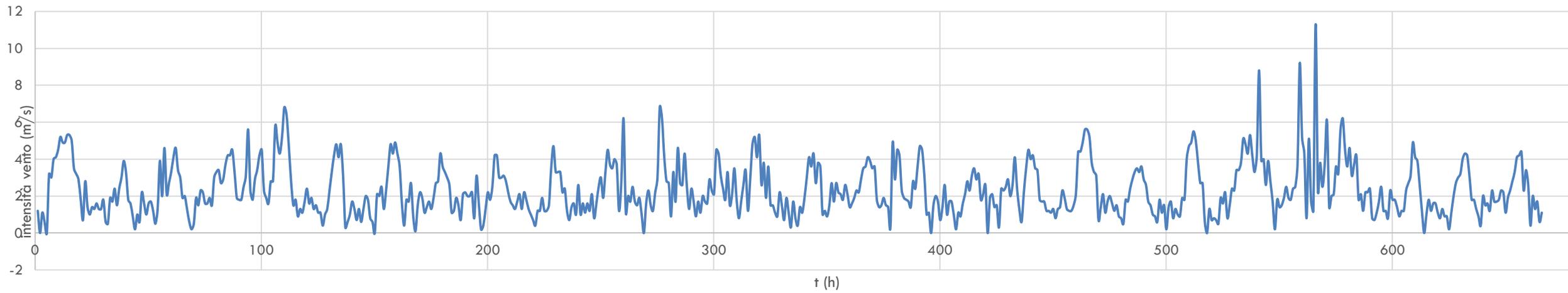


Confronto serie

serie temporale Fossalon senza selezioni



serie dat selezionati Fossalon



Modello analitico senza attrito

Partendo dalle equazioni che regolano i venti geostrofici (scala sinottica), andiamo a prendere in considerazione alcune semplificazioni per il caso delle brezze.

- Assumo il mio sistema isolato termicamente
- Trascuro i movimenti verticali
- Alla mesoscala l'effetto dovuto alla forza di Coriolis è trascurabile, posso quindi restringere a un caso monodimensionale

ciò che mi rimane è un'equazione che lega il gradiente di pressione all'accelerazione subita dalla massa d'aria

$$\frac{dv}{dt} = - \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx}$$

Gradiente di Pressione

Usando la legge della conservazione di massa e assumendo che le brezze non abbiano componenti verticali posso scrivere

$\frac{dp}{dz} = -\rho g$ un'equazione differenziale che posso facilmente integrare tramite separazione delle variabili e usando la legge dei gas perfetti $P = \rho RT$ ottengo

$\int_{P_S}^{P_0} d(\ln P) = -\frac{g}{R} \int_0^h \frac{1}{T} dz$ con P_0 pressione all'altezza h e P_S la pressione sulla superficie

Posso riscrivere $\frac{1}{T}$ in funzione di un gradiente termico verticale ottenendo

$$\int_0^h \frac{dz}{T_0 + \Gamma z} = \frac{1}{\Gamma} \ln\left(\frac{T_0 + \Gamma h}{T_0}\right)$$

Gradiente di pressione

La mia espressione per la pressione diventa

$P_s = P_0 \left(\frac{T_0 + \Gamma h}{T_0} \right)^{\frac{g}{R\Gamma}}$ dove la pressione sul mare e quella sulla terra differiscono per il gradiente verticale Γ_m per il mare e Γ_e per l'entroterra

Assumendo $\Gamma_m = 10^{-2} \frac{K}{m}$ mi posso calcolare per i singoli casi $\Gamma_e = \Gamma_m + \frac{\Delta T}{h}$

Il calcolo del mio gradiente di pressione si riduce a calcolare

$\frac{dp}{dx} = \frac{P_e - P_m}{\Delta x}$ dove tutte le quantità dell'equazione sono note

$$\rho = 1 \frac{kg}{m}$$

$$P_0 = 850 hPa$$

$$T_0 = 288K$$

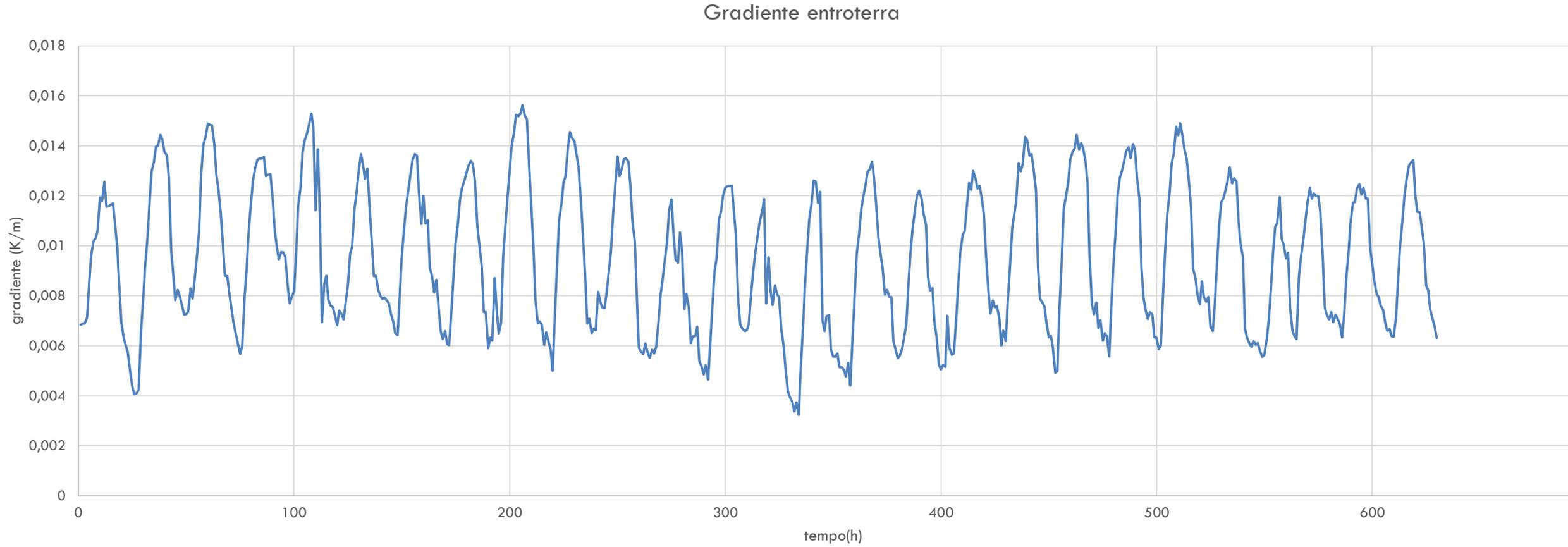
$$h = 1500m$$

$$R = 300 \frac{J}{kg K}$$

$$\Delta x = 2 \cdot 10^4 m$$

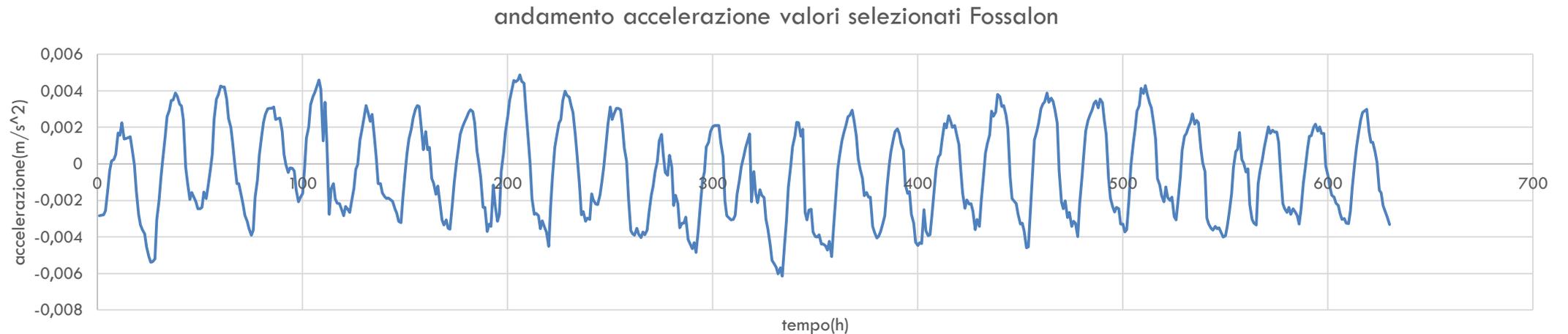
$$\Gamma_m = 10^{-2} \frac{K}{m}$$

Serie temporale del gradiente termico calcolato sui dati selezionati di Fossalon



Risultati modellino senza attrito

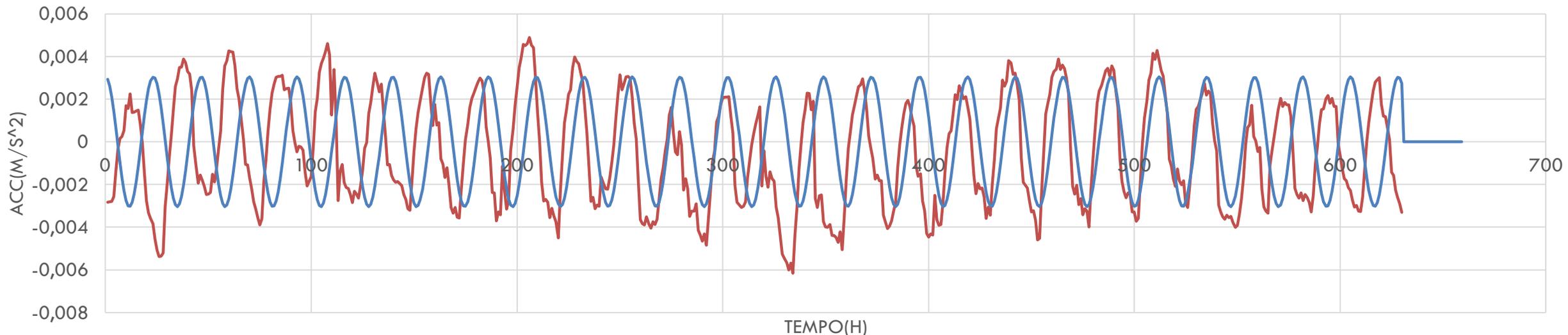
Con la formula appena trovata si può quindi facilmente trovare l'accelerazione istantanea a cui è soggetta la massa d'aria, integrando lungo un arco di tempo posso dunque calcolare la velocità che avrà il mio vento.



Contributi sistemati

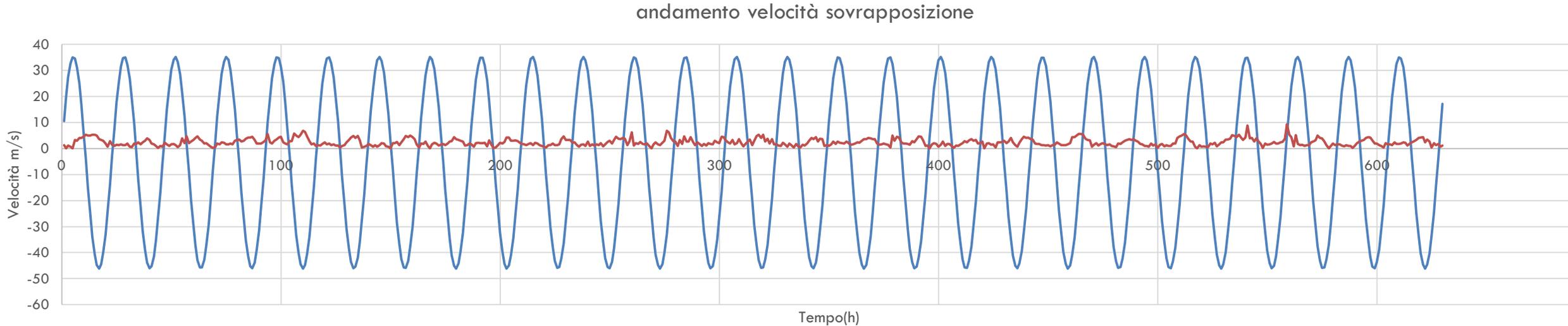
Nel momento in cui si vanno a integrare le accelerazioni a causa di alcuni contributi sistemati si vengono a trovare dei valori del vento inverosimili specialmente in corrispondenza degli ultimi elementi della serie, per eliminare questo problema è stata interpolata l'andamento delle accelerazioni con la funzione coseno di ampiezza e periodo medi calcolati dai dati reali.

SOVRAPPOSIZIONE COS, RAPPRESENTAZIONE ACC.



Risultati modellino senza attrito

Usando le accelerazioni ricavate dall'interpolazione si ottiene un andamento coerente, sebbene con intensità molto al di sopra di quelle reali a causa dell'assenza di attrito.



Modellino con attrito

Viene aggiunta quindi una componente di attrito dipendente dalla velocità

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx} - \alpha v^\beta$$

Dai dati, assumendo che nel momento del rilevamento si fosse in un caso stazionario dove decelerazione dovuta all'attrito e accelerazione dovuta al gradiente di pressione fossero uguali, si stimano i due coefficienti grazie a un'interpolazione lineare

$$\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx} = \alpha v^\beta \quad \text{passando ai logaritmi} \quad \ln \left| \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx} \right| = \ln(\alpha) + \beta \ln |v|$$

Modellino con attrito

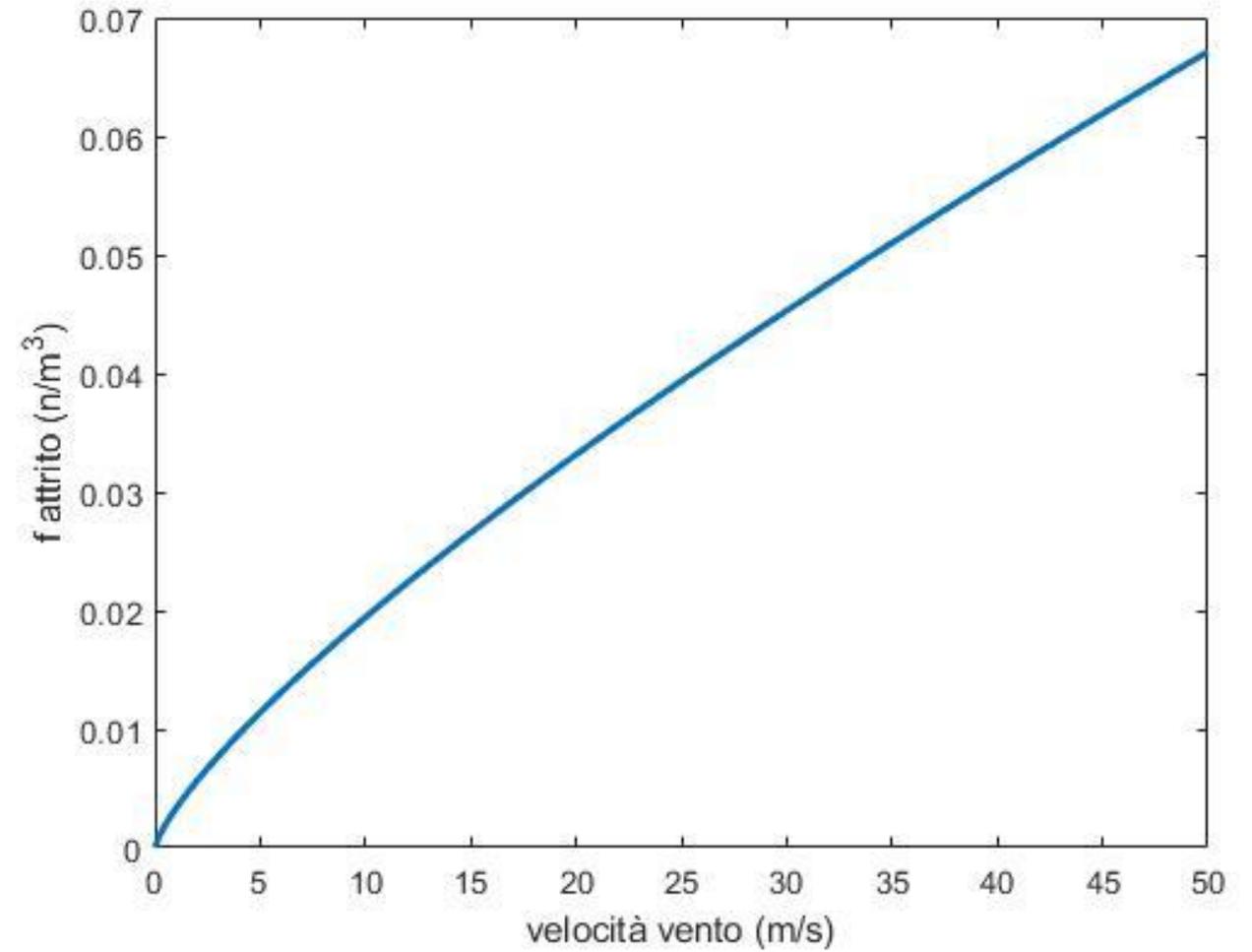
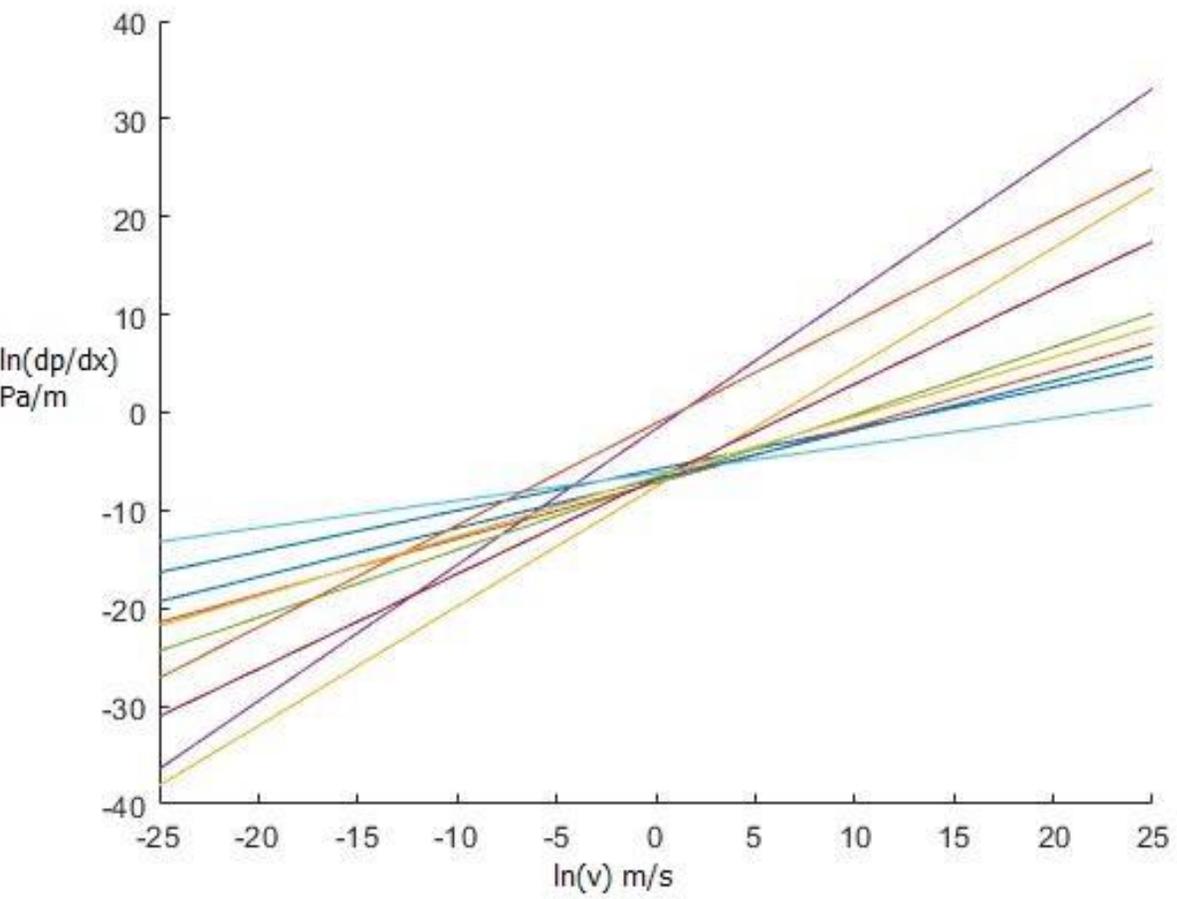
l'interpolazione è stata fatta su singole giornate poiché a causa di variazioni a scale spaziali maggiori rispetto alla mesoscala, i dati tra le varie giornate non risultavano coerenti, si è quindi poi presa la media dei coefficienti ottenuti dalle singole giornate.

Così facendo sono stati ottenuti

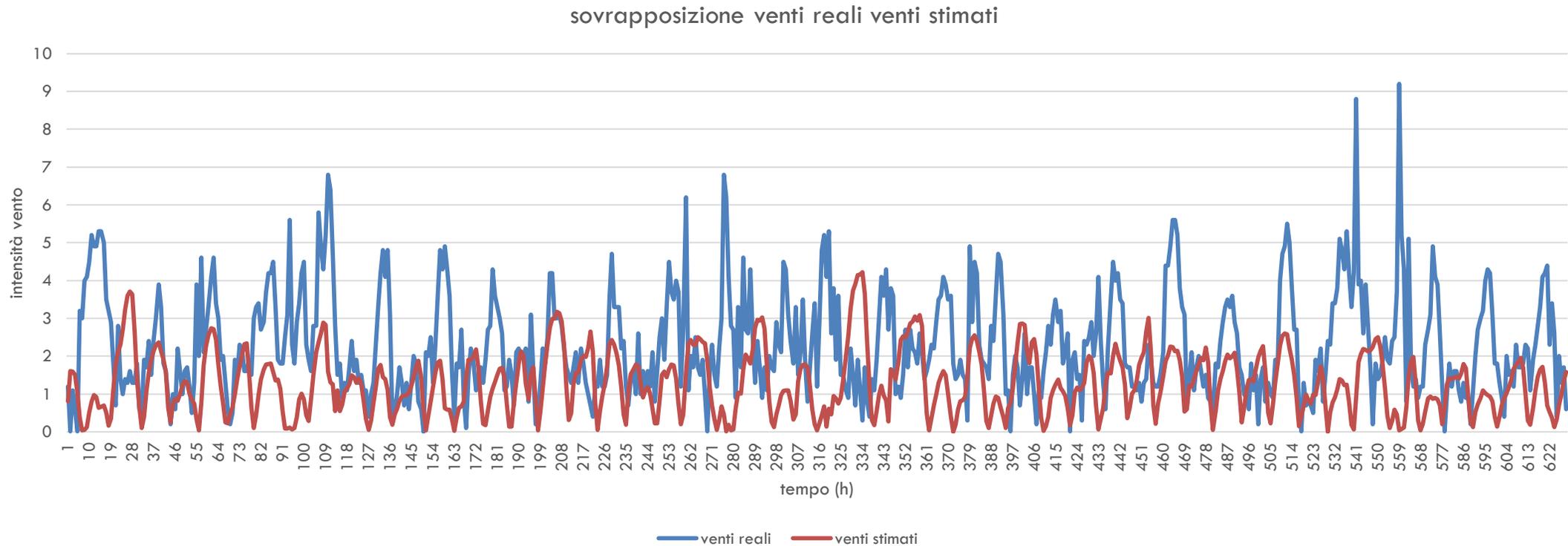
$$\alpha=0,0033$$

$$B=0,77$$

Coefficienti α e β



Risultati modellino con attrito



Risultati modellino con attrito

I valori ottenuti nel modellino con attrito sono molto vicini a quelli reali, e la media dell'intensità del vento rispecchia quella reale indice che la stima della quantità di energia dissipata tramite l'attrito ha un valore verosimile.

Errore medio = 1,02 m/s

Media reale = 2,31 m/s

Media prevista = 1,28 m/s

Confronto e conclusioni

Nei limiti delle semplificazioni fatte, entrambi i modelli restituiscono dei valori coerenti con quelli reali per quel che riguarda la periodicità delle brezze.

Riguardo invece alle loro intensità il modellino senza attrito non risulta verosimile a indicare la non trascurabilità degli attriti in questo frangente.

I coefficienti del modellino con attrito rispecchiano a grandi linee quelli presenti nella legge di Stokes che regola le forze di attrito a cui sono soggetti corpi immersi in fluidi in regime laminare.

Nel ricavare i coefficienti si nota che, come già rimarcato, da giornata a giornata essi variano a causa di mutazioni che avvengono su scala sinottica.

Questo lascia intuire che per un modello più preciso α e β possano essere non delle costanti ma delle variabili in funzione di qualche grandezza meteorologica misurabile.