

Quaderni tecnici n°3
Aprile 2016 – Rev 01

QUADERNI TECNICI

La Velocità di Frizione u^*

Definizione

In fluidodinamica la *velocità di frizione*, indicata con il simbolo u_* , è una grandezza avente la dimensione di una velocità, definita in base alla relazione:

$$u_* = \sqrt{\frac{\tau}{\rho}}$$

dove τ rappresenta la tensione tangenziale nel fluido, e ρ la densità.

Utilità nelle applicazioni pratiche

In micro-meteorologia, la velocità di frizione indica l'intensità della turbolenza "meccanica", dovuta cioè all'interazione diretta del vento con la rugosità della superficie terrestre.

La velocità di frizione è collegata alla variazione della velocità del vento con la quota. In condizioni perfettamente neutre / adiabatiche vale infatti la seguente relazione approssimata:

$$u(z) = \frac{u_*}{k} \log \frac{z}{z_0}$$

in cui z rappresenta l'altezza rispetto al suolo, z_0 è la rugosità aerodinamica superficiale, $k=0.4$ è la costante di Von Karman, ed u la velocità del vento.

In termini più operativi, la velocità di frizione è richiesta come parametro di ingresso da numerosi modelli di dispersione (ad esempio Calpuff), dai quali è utilizzata in una varietà di calcoli intermedi.

Metodo di misura

Il valore della velocità di frizione si misura in campo utilizzando un anemometro ultrasonico tri-assiale. La formula utilizzata più spesso ha la forma

$$u_* = \sqrt[4]{\overline{u'w'^2} + \overline{v'w'^2}}$$

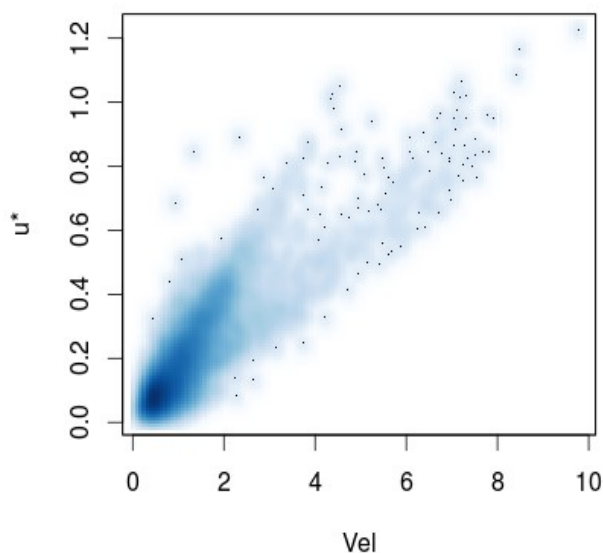
in cui $\overline{u'v'}$ e $\overline{v'w'}$ sono le rispettive covarianze tra le componenti u, v e v, w del vento nel *sistema di riferimento delle linee di flusso* (in cui u è espressa rispetto alla tangente al vento nel punto di misura, v alla normale e w alla binormale).

Il riferimento delle linee di flusso è ottenuto tramite una successione di (due) rotazioni, determinate sulla base delle componenti del vento medio nel riferimento strumentale.

Gli anemometri ultrasonici tri-assiali non producono direttamente le medie e le covarianze: per arrivare a questi valori è necessaria una *elaborazione dei dati in tempo reale*, cosa di cui si occupano i sistemi "eddy covariance". Un esempio di sistema "eddy covariance" è MeteoFlux Core, realizzato e distribuito da Servizi Territorio srl. Sul mercato esistono comunque altri sistemi della stessa categoria merceologica.

Direzionalità della velocità di frizione

La velocità di frizione è grossomodo proporzionale alla velocità del vento, una volta che se ne fissi l'altezza di misura. Se facciamo uno *scatter plot* usando la velocità ordinaria e la velocità di frizione troviamo di regola una correlazione lineare molto ben marcata. Oppure, come nel grafico riportato qui di seguito, una nube di punti originata dalla coalescenza di più relazioni



lineari, caratterizzate da una pendenza diversa – nel grafico le relazioni lineari sovrapposte sono due.

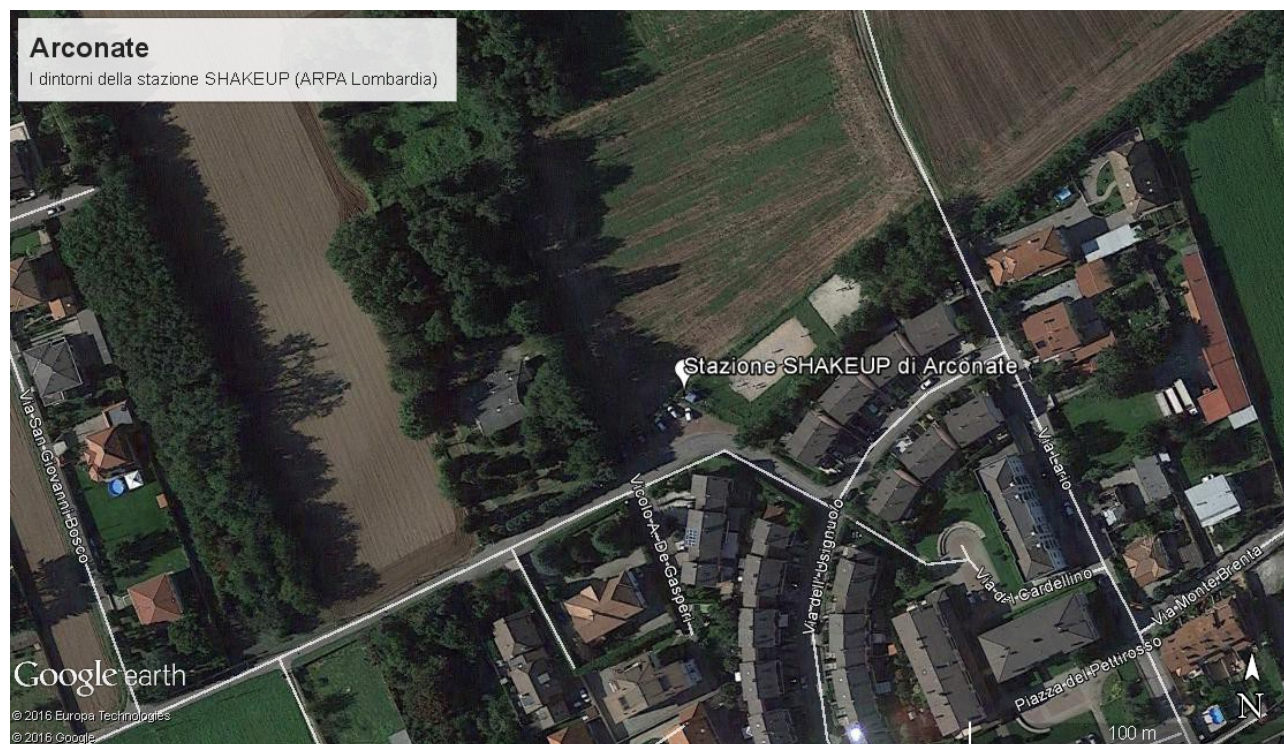
La ragione più frequente della comparsa di più relazioni lineari distinte sul medesimo grafico nella maggior parte dei casi si spiega con la presenza di mancanza di uniformità sul terreno: più queste sono elevate e grossolane, maggiore la pendenza della retta che approssima i dati.

La mancanza di uniformità è però più facile da apprezzare, se consideriamo la variazione della velocità di frizione *rispetto alla direzione di provenienza del vento*, o meglio ancora della velocità di frizione divisa per la velocità del vento, di cui possiamo vedere un esempio nella prossima figura:



Possiamo vedere che i valori della velocità di frizione tendono ad essere minimi per direzioni di provenienza del vento comprese tra 250 e $360=0^\circ$, mentre la direzione di massimo valore della velocità di frizione corrisponde a 150° .

Le ragioni di questa variazione sono immediatamente evidenti, appena si osservi con attenzione una foto satellitare del punto di misura (qui sotto una mappa scaricata da Google Earth).



Le direzioni 90° e 270° corrispondono in effetti ad alberi a distanza ravvicinata, mentre gli angoli pressappoco intorno a Nord corrispondono ad una visuale sgombra.