

ANALISI DELLA DISPERSIONE TURBOLENTA NEL MAR GRANDE DI TARANTO

(tesi sperimentale)

Sessione di laurea: 09/11/2016

Laurea triennale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

Candidato: Livia Grandoni, 1611361

Relatore: Giovanni Leuzzi

Correlatore: Agnese Pini

Settore scientifico disciplinare del relatore: meccanica dei fluidi (ICAR/01)

Riassunto

La dispersione in meccanica dei fluidi è il fenomeno che si instaura quando un fluido viene immesso in un altro. Le particelle del fluido immesso si muovono, di norma allontanandosi reciprocamente, all'interno del disperdente con il passare del tempo. La dispersione di un tracciante qualsiasi, considerato passivo, è data quindi dalla somma del trasporto subito per effetto del moto medio complessivo del fluido disperdente e della diffusione, che nei fluidi ambientali è prevalentemente turbolenta ed è quindi dovuta alle fluttuazioni della velocità del fluido disperdente attorno alla media.

La dispersione può essere valutata determinando l'allargamento nello spazio della nube di inquinante ed è quindi utile per monitorare l'evoluzione nello spazio e nel tempo della concentrazione della sostanza d'interesse.

I processi di dispersione possono essere simulati usando modelli stocastici lagrangiani uniti a modelli euleriani di circolazione (De Dominicis M. et al. 2012); i primi descrivono i processi diffusivi, i secondi si occupano invece del moto medio del fluido fornendo tale input al modello di dispersione.

In zone particolarmente vulnerabili dal punto di vista ambientale, quale quella del SIN (Sito di Interesse Nazionale) di Taranto, comprendente il Mar Grande, è necessaria una continua attività di monitoraggio (De Serio F., Mossa M. 2015 e 2016). Modelli numerici di simulazione del trasporto di inquinanti applicati a tale zona possono essere utili a tal fine e quindi anche come supporto decisionale per la progettazione di eventuali bonifiche, per la regolazione delle attività che si svolgono nel luogo di interesse o per intervenire in caso di incidenti. In questo lavoro ci si è limitati a determinare il coefficiente di diffusione turbolenta e la scala integrale della turbolenza nel Mar Grande di Taranto. Tali parametri sono utili per determinare la dimensione del pennacchio di inquinante e inoltre è necessaria una loro stima a partire da dati sperimentali in modo tale da poterli inserire nei modelli numerici che simulano i fenomeni di dispersione.

Il lavoro è suddiviso in due parti. Nella prima parte vengono espone le basi teoriche necessarie per lo svolgimento dei calcoli fatti: le equazioni che descrivono il moto di un fluido, l'equazione che descrive la dispersione di un tracciante in un fluido, l'analisi di Taylor. Nella seconda parte viene prima descritto il bacino del Mar Grande in modo generale, poi vengono mostrati i dati sperimentali utilizzati e quindi i calcoli effettuati e i risultati.

Per calcolare la diffusività del Mar Grande di Taranto a partire dai dati sperimentali di posizione di quattordici drifters, forniti a intervalli di 15 minuti, è stata applicata l'analisi di Taylor.

Si è visto come i risultati ottenuti dipendano dalla modalità di calcolo della velocità media dell'acqua in tale bacino. Sono state utilizzate due modalità:

- i. Si è calcolata la media campionaria della velocità su un intervallo di tempo pari al tempo di volo delle diverse traiettorie
- ii. Si è assunta come media la retta di regressione ottenuta dall'andamento della velocità nel tempo

Il primo tipo di media risulta costante nell'intervallo di tempo considerato. Il secondo tipo invece nella direzione y ha un andamento crescente con il tempo; mentre nella direzione x risulta circa costante e coincidente con il primo tipo.

I valori di scala integrale temporale nelle due direzioni ottenuti utilizzando il primo tipo di media sono: $T_x^L = 36.24 \text{ min}$ e $T_y^L = 140.27 \text{ min}$; tali valori sono stati calcolati facendo l'integrale fino alla prima intersezione con lo zero della curva rappresentante il coefficiente di autocorrelazione. I valori di diffusività sono invece: $K_x = 0.39 \text{ m}^2/\text{s}$ e $K_y = 8.58 \text{ m}^2/\text{s}$.

Poiché si è visto che l'andamento del coefficiente di autocorrelazione, almeno per la parte iniziale, si adatta bene a una curva esponenziale del tipo :

$$\rho(\tau) = e^{-\frac{\tau}{T^L}}$$

La scala temporale è stata calcolata anche come il tempo per cui il coefficiente di autocorrelazione risulta uguale a $1/e$. I valori di scala integrale ottenuti in questo caso differiscono poco da quelli mostrati in precedenza: $T_x^L = 41.75 \text{ min}$ e $T_y^L = 158.22 \text{ min}$. I corrispondenti valori di diffusività sono: $K_x = 0.45 \text{ m}^2/\text{s}$ e $K_y = 9.68 \text{ m}^2/\text{s}$.

Utilizzando il secondo tipo di media sono stati ottenuti i seguenti valori per la scala temporale e la diffusività, calcolati con l'integrale fino al primo zero della curva del coefficiente di autocorrelazione: $T_x^L = 29.11 \text{ min}$ e $T_y^L = 36.24 \text{ min}$; $K_x = 0.27 \text{ m}^2/\text{s}$ e $K_y = 1.02 \text{ m}^2/\text{s}$. Calcolando invece la scala integrale temporale a partire dall'ipotesi di andamento esponenziale del coefficiente di autocorrelazione, si è ottenuto: $T_x^L = 35.18 \text{ min}$ e $T_y^L = 37.14 \text{ min}$; $K_x = 0.33 \text{ m}^2/\text{s}$ e $K_y = 1.05 \text{ m}^2/\text{s}$.

I risultati ottenuti con i due tipi di media sono simili per la direzione x , in cui infatti le medie stesse non differiscono di molto; mentre si ottengono risultati diversi per la direzione y. Questo si può spiegare con il fatto che il fenomeno nella direzione y non è stazionario, per cui la velocità media tende a crescere nel tempo. Utilizzando la media campionaria, le velocità risultano correlate per tempi più lunghi a causa di fenomeni di scala maggiore rispetto all'intervallo di tempo considerato; mentre utilizzando la retta di regressione tali fenomeni vengono filtrati nel calcolo della turbolenza, per cui la scala integrale temporale e di conseguenza la diffusività diminuiscono.

Con le scale integrali calcolate e ipotizzando un andamento esponenziale del coefficiente di autocorrelazione sono state inoltre ricavate le deviazioni standard degli spostamenti delle particelle nei due casi di media campionaria e media assunta uguale alla retta di regressione. Tali deviazioni standard vengono utilizzate per stimare le dimensioni della nube di inquinante. Come verifica le deviazioni standard teoriche ricavate con l'applicazione dell'analisi di Taylor sono state confrontate con quelle ottenute direttamente dai dati di posizione sperimentali. A differenza di quanto ci si aspettava i risultati ottenuti nel caso di media assunta uguale alla retta di regressione descrivono in modo peggiore i dati sperimentali (li sottostimano), rispetto al caso di media campionaria. Probabilmente questo è dovuto al fatto che anche il fenomeno non conclusosi nell'intervallo di tempo di osservazione causa dispersione; tuttavia esso viene filtrato nel calcolo della turbolenza nel caso della retta di regressione, quindi il suo contributo non viene considerato.

I valori di diffusività e scala integrale temporale calcolati potranno essere utilizzati in modelli di simulazione della dispersione nel Mar Grande di Taranto.

Risulta poi interessante il fatto che il coefficiente di autocorrelazione assume un andamento esponenziale, in quanto questo conferma i risultati ottenuti da altri autori in flussi turbolenti sia atmosferici che marini con diverse tecniche sperimentali. Inoltre avvalorava l'utilizzo di modelli lagrangiani di dispersione basati sull'*equazione di Langevin*, che prevede proprio un coefficiente di autocorrelazione esponenziale.