

Candidato: Fabio Tatti

Relatore: Prof. Giovanni Leuzzi

Titolo della tesi: Simulazione numerica dei campi di velocità e della turbolenza nelle aree urbane

A.A.: 2013/2014 Sessione Luglio

Abstract

Le aree urbane alterano le principali variabili meteorologiche, determinando particolari situazioni microclimatiche. Analizzando la scala urbana e ipotizzando il caso di atmosfera neutra, la presenza degli edifici modifica la struttura dello strato limite, generando al suo interno tre sottostrati: Urban Canopy Layer, Roughness Sublayer e Inertial Sublayer. Il primo, che si estende dal suolo all'altezza media degli edifici, è quello dove il flusso è maggiormente disturbato. I palazzi infatti aumentano la scabrezza della superficie del suolo, determinando conseguentemente una diminuzione della velocità del vento ed un aumento della turbolenza meccanica. Questi fattori causano all'interno del Urban Canopy Layer un alterato profilo verticale della velocità del vento: le velocità infatti risultano essere inferiori rispetto all'andamento logaritmico standard.

Analizzando la microscala l'elemento caratterizzante è il canyon urbano, composto da una strada costeggiata da due file di edifici. Il canyon viene descritto dal fattore di forma (W/H) ed in base al suo valore il flusso subisce specifiche modifiche. Nel dettaglio, se il rapporto tra la larghezza del canyon e l'altezza degli edifici (W/H), è maggiore di 2.5 il flusso tra un edificio e l'altro ha lo spazio necessario per ristabilirsi (Isolated Roughness Flow). Se invece W/H è compreso tra 2.5 e 1.5 il flusso risente della presenza dei palazzi per tutta la larghezza del canyon (Wake Interference Flow). Infine se W/H è minore di 1.5 si forma un numero sempre maggiore di vortici all'interno del canyon al diminuire di tale rapporto (Skimming Flow).

L'obiettivo della mia tesi è stato quello di validare il modello ENVI-met riguardo la simulazione dei campi di velocità e della turbolenza a microscala.

ENVI-met è un modello microclimatico prognostico, progettato per prevedere l'evoluzione spaziotemporale dei principali campi meteorologici che caratterizzano lo strato limite atmosferico, con una risoluzione tipica da 0,5 a 10 m.

Nella prima fase del lavoro ho considerato un primo caso studio, con l'obiettivo di simulare numericamente un'esperienza di laboratorio compiuta presso l'Università del Surrey. In dettaglio ho analizzato i casi caratterizzati da atmosfera neutra, direzione del vento perpendicolare all'asse del canyon e fattore di forma pari a 2,1, 0,7, 0,5 e 0,3. Per ogni configurazione sono andato ad analizzare e a confrontare le caratteristiche dei vortici ottenuti mediante l'utilizzo di ENVI-met con le stesse osservazioni sperimentali registrate in laboratorio. Per quanto riguarda la modellazione del campo di velocità, a partire dai dati di simulazione ottenuti con ENVI-met ho ricavato i profili verticali della componente orizzontale della velocità relativamente a diversi punti all'interno del canyon. Come nel caso precedente, ho messo a confronto tali valori con quelli ottenuti in laboratorio. Inoltre, in entrambi i casi ho paragonato i dati forniti da ENVI-met con quelli elaborati dal modello CHENSI, appartenente come il primo alla famiglia dei modelli $k-\epsilon$. Dal risultato di queste prime prove è stato possibile ipotizzare una buona accuratezza del modello nella riproduzione del campo di velocità, anche se il modello sembra non simulare correttamente i casi che prevedono vortici multipli.

Nella seconda parte ho approfondito il lavoro svolto nella prima, utilizzando i dati di un esperimento riguardante la misura della turbolenza e delle velocità all'interno di un canyon urbano, svolto presso il Laboratorio di Idraulica dell'Università La Sapienza. Ho confrontato i valori calcolati dal modello ENVI-met con quelli ricavati sperimentalmente per l'energia cinetica turbolenta (TKE), la sua produzione meccanica (P) e la sua dissipazione (ϵ). Per tale analisi ho considerato canyon con fattore di forma pari a 2 e a 1. Per quanto riguarda la validazione del modello rispetto alla simulazione del campo di velocità ho ricostruito il profilo verticale della componente orizzontale della velocità del vento prima e dopo che il flusso interagisca con il canyon. Inoltre a partire dai dati elaborati da ENVI-met ho ricavato il profilo verticale della componente orizzontale della velocità al centro del canyon e il profilo della componente verticale della velocità

per tutta la larghezza del canyon. Paragonando questi ultimi profili a quelli ricavati sperimentalmente, ho verificato che ENVI-met simula con un buon grado di approssimazione i campi di velocità. Diversamente, in base ai risultati ottenuti, il modello sembra dimostrare un minor grado di precisione nella simulazione della turbolenza. Infatti i valori di TKE e P risultano essere un ordine di grandezza superiori a quelli sperimentali. Questo dimostra una maggiore produzione e dissipazione dell'energia cinetica turbolenta da parte del modello. Ciò potrebbe essere spiegato dall'uso di viscosità numeriche molto elevate in modo da rendere la soluzione numericamente più stabile. Di conseguenza i vortici a scala maggiore sono meno instabili e non tendono a formare vortici secondari, confermando quanto rilevato nei casi studio.