

## Capitolo 5

# Il modello dinamico misto a due parametri (DTM)

In questo capitolo verranno riportati i risultati delle simulazioni effettuate utilizzando come modello di subgrid il modello dinamico misto a due parametri (DTM). Come nel precedente capitolo, dove era stato impiegato il modello SGS di Smagorinsky, si vuole indagare l'effetto dello schema numerico utilizzato per discretizzare la derivata spaziale del termine convettivo, sia per le condizioni al contorno che all'interno del dominio di calcolo.

### 5.1 Effetti dello schema utilizzato nella discretizzazione del termine convettivo

Con riferimento alla tabella 3.1, quelli descritti in questo capitolo sono i casi V, VI, VII ed VIII. In tutte le simulazioni condotte, per la discretizzazione del termine convettivo all'interno del dominio di calcolo è stato utilizzato uno schema centrato di ordine 2. Il caso V è quello relativo alla simulazione in cui è stato impiegato lo schema centrato per la discretizzazione della condizione al contorno. Dai campi di pressione istantanei riportati nelle figure 5.1, 5.2 e 5.3 appare evidente la presenza di perturbazioni che si generano sul bordo esterno e si propagano molto velocemente all'interno del dominio di calcolo fino a raggiungere il cilindro,

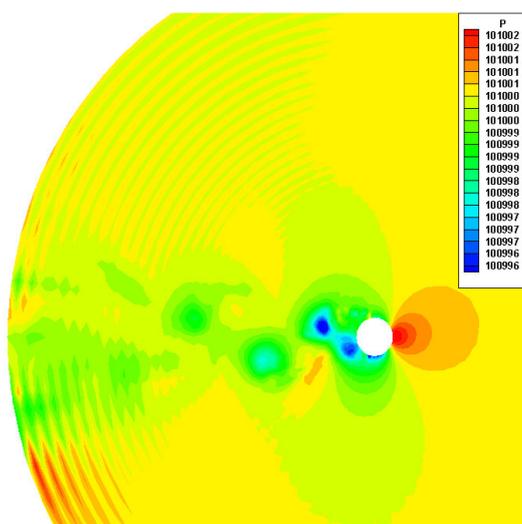


Fig. 5.1: campo di pressione istantaneo dopo 0,05 secondi – CASO V

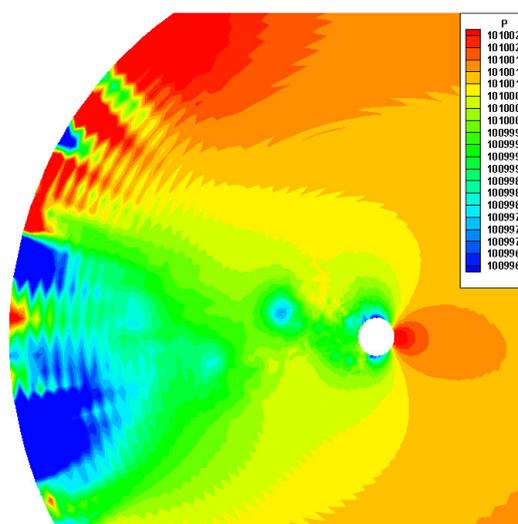


Fig 5.2: campo di pressione istantaneo dopo 0,15 secondi – CASO V

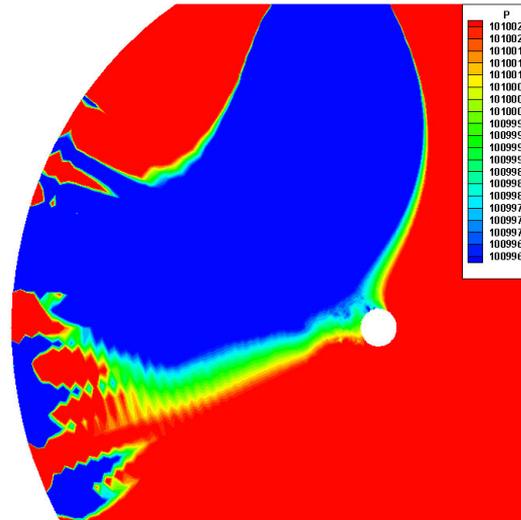


Fig. 5.3: campo di pressione istantaneo dopo 0,2 secondi – CASO V

alterando la fisica del problema e portando la simulazione, dopo circa 4000 iterazioni (Fig. 5.3), in una condizione di instabilità numerica che ne ha determinato l'interruzione.

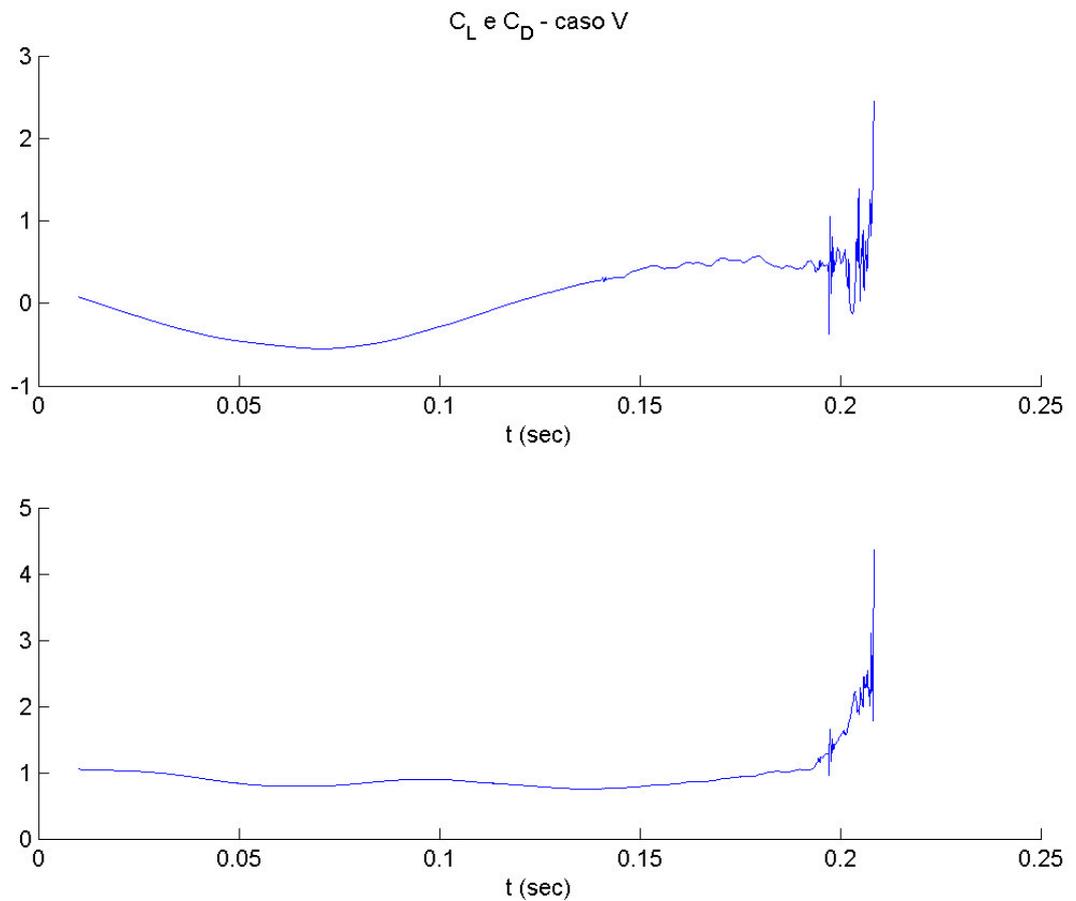


Fig. 5.4: caso V - andamento del  $C_L$  e del  $C_D$

In figura 5.4 è riportato l'andamento del coefficiente di portanza  $C_L$  e del coefficiente di resistenza  $C_D$ : al sopraggiungere dell'instabilità i grafici perdono il loro andamento caratteristico. Per il caso V quindi non ha alcun senso analizzare le statistiche.

Il caso VI è identico al caso precedente ad eccezione del fatto che è stato utilizzato per la discretizzazione della condizione al contorno uno schema upwind. La simulazione, come mostrano i campi di pressione istantanei delle figure 5.5, 5.6, 5.7 e 5.8, presenta anche in questo caso chiare riflessioni che disturbano notevolmente il flusso: le perturbazioni invadono il campo e raggiungono il modello, compromettendo in maniera molto evidente la fisica del problema come nel caso V, ma non portando ad una situazione di instabilità numerica. Anche in questo caso non sono state analizzate le statistiche.

Come è già stato ampiamente spiegato nei capitoli precedenti, la presenza di riflessioni è dovuta ad una condizione al contorno che dovrebbe consentire l'uscita dei vortici di scia dal dominio senza distorsioni né riflessioni. Nella sua formulazione, data dall'equazione 3.9, è presente una costante moltiplicativa  $C$ , che rappresenta la velocità di uscita dei vortici.

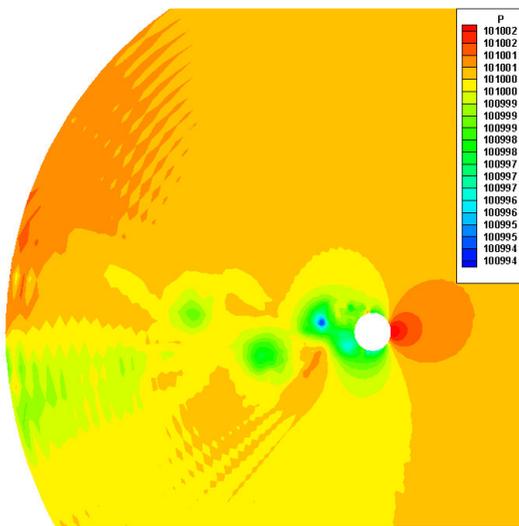


Fig. 5.5: campo di pressione istantaneo dopo 0,05 secondi – CASO VI

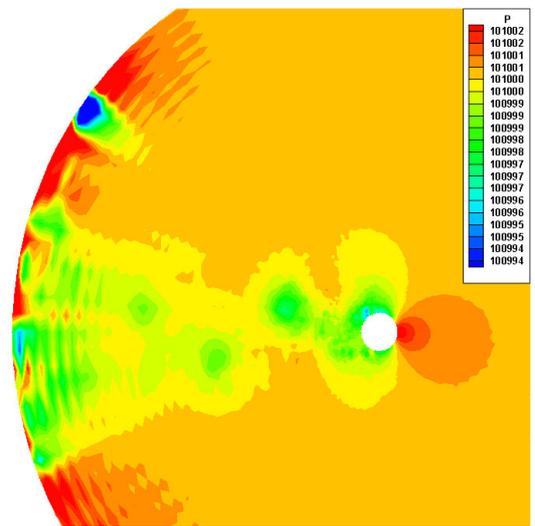


Fig 5.6: campo di pressione istantaneo dopo 0,15 secondi – CASO VI

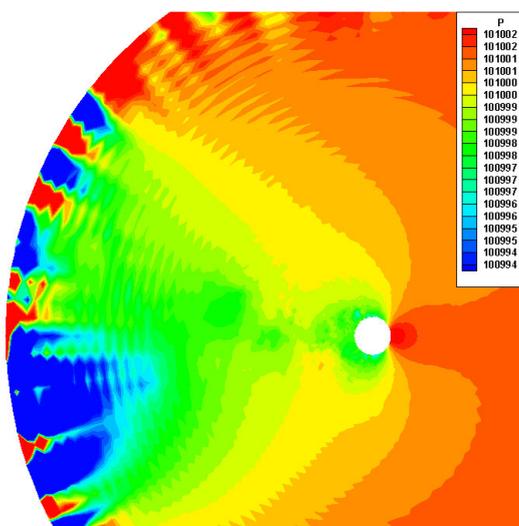


Fig. 5.7: campo di pressione istantaneo dopo 0,25 secondi – CASO VI

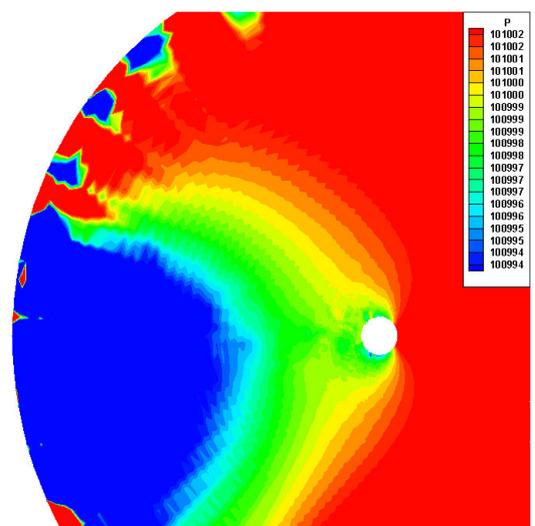


Fig 5.8: campo di pressione istantaneo dopo 0,3 secondi – CASO VI

Allo scopo di migliorare il problema dell'uscita dei vortici dal dominio e migliorare quindi il problema delle riflessioni, si è pensato di aumentare il valore di questa costante. Così il caso VII differisce dal caso VI solo per il fatto che in questo è posto  $C=0,6 \cdot U_\infty$ , mentre in tutte le simulazioni condotte è  $C=0,3 \cdot U_\infty$ .

In questa situazione però, come appare dalle figure 5.9 e 5.10, si è ottenuto l'effetto opposto, cioè un aumento del fenomeno riflessivo ed una precoce instabilità che ha causato l'interruzione dei calcoli dopo circa 900 iterazioni (Fig. 5.10).

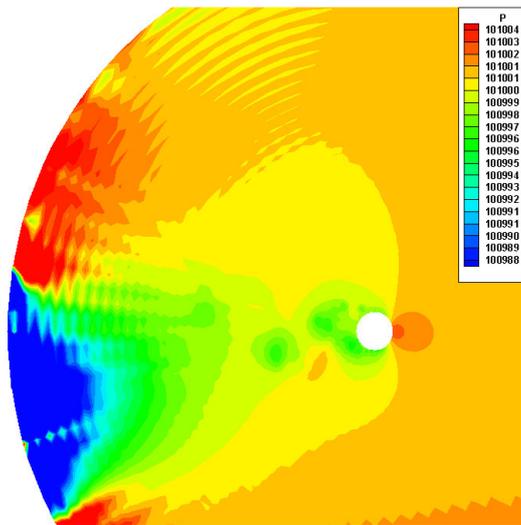


Fig. 5.9: campo di pressione istantaneo dopo 0,025 secondi – CASO VII

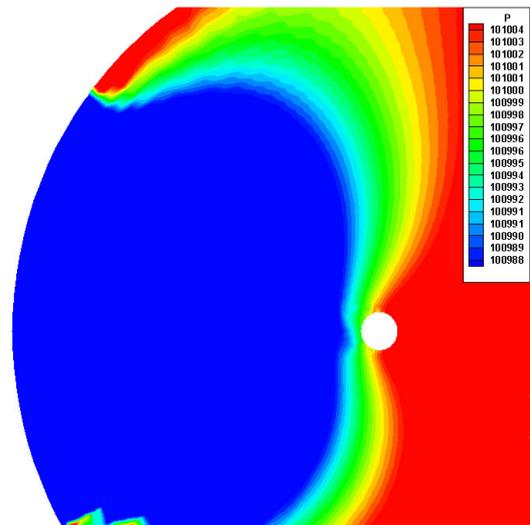


Fig 5.10: campo di pressione istantaneo al verificarsi dell'instabilità – CASO VII

Come per la simulazione del caso IV descritta nel capitolo precedente che utilizzava il modello SGS di Smagorinsky, nel caso VIII si utilizza lo schema upwind per la discretizzazione del termine convettivo nella zona prossima al bordo esterno del dominio, mentre vicino al cilindro e nella maggior parte del dominio è impiegato lo schema centrato.

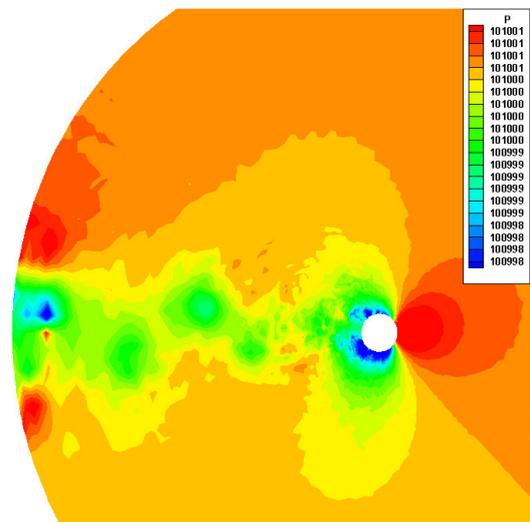
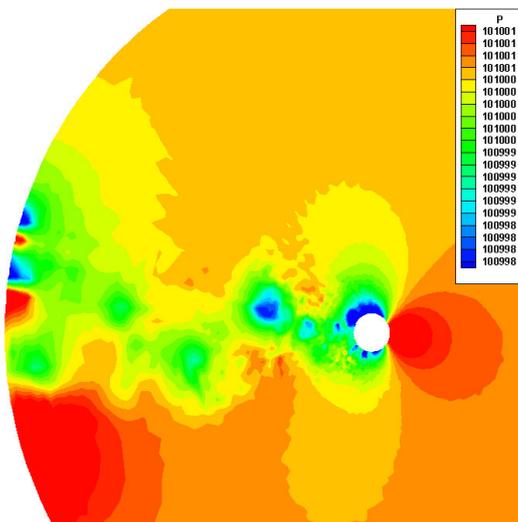


Fig. 5.11: campo di pressione istantaneo dopo 0,15 secondi – CASO VIII

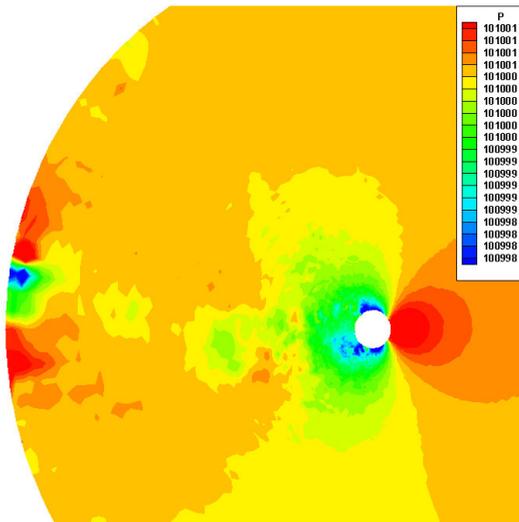


Fig 5.12: campo di pressione istantaneo dopo 0,3 secondi– CASO VIII

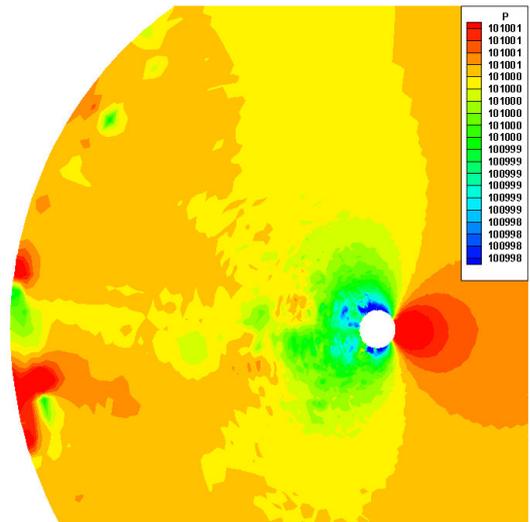


Fig. 5.13: campo di pressione istantaneo dopo 0,6 secondi – CASO VIII

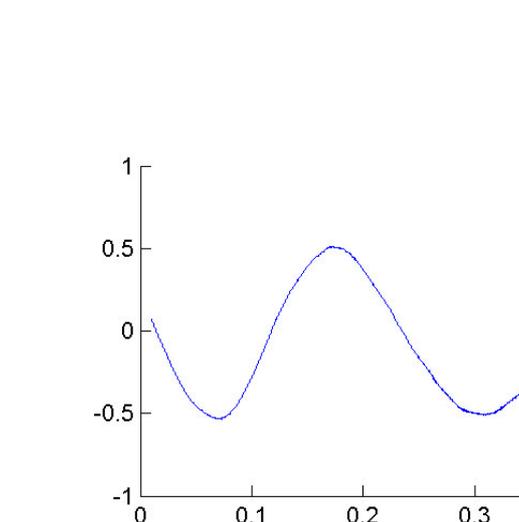


Fig 5.14: campo di pressione istantaneo dopo 0,9 secondi – CASO VIII

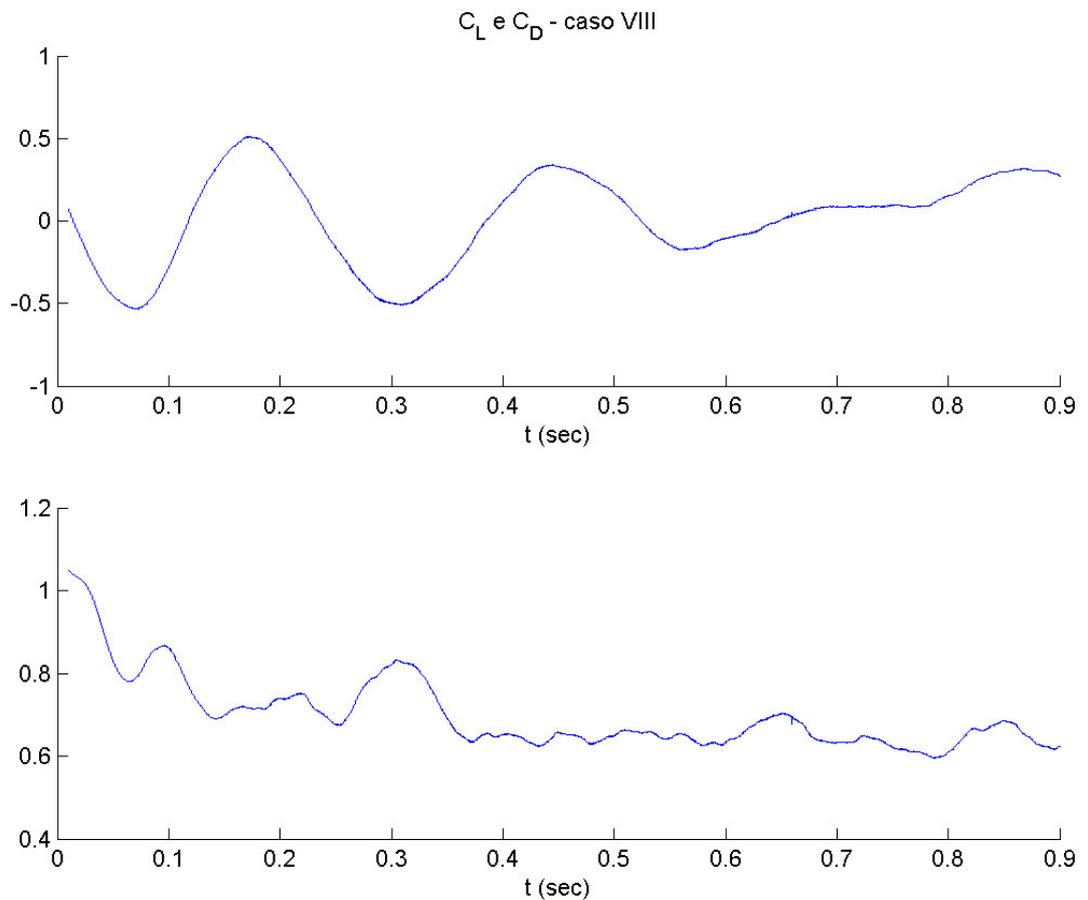
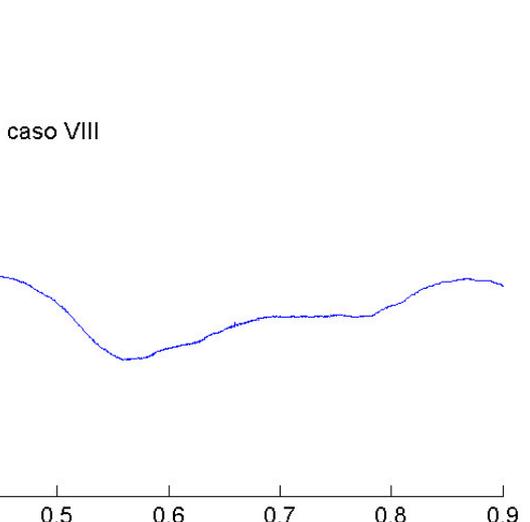


Fig. 5.15: caso VIII - andamento del  $C_L$  e del  $C_D$

A differenza dei casi precedentemente descritti, il caso VIII non sembra presentare il fenomeno delle riflessioni spurie.

Tuttavia, a causa della bassa dissipazione indotta dallo schema centrato associata a quella del modello di SGS DTM che, a differenza del modello di Smagorinsky, non è molto dissipativo, si nota nelle figure 5.11, 5.12, 5.13 e 5.14 un progressivo diffondersi di perturbazioni che non nascono dal bordo esterno bensì dalla zona in cui i gradienti di velocità risultano notevolmente elevati, ma che compromettono in modo piuttosto evidente la fisica del flusso a valle del cilindro. La simulazione è stata interrotta dopo 18000 iterazioni.

Esaminando l'andamento del coefficiente di portanza  $C_L$  e del coefficiente di resistenza  $C_D$  riportati in figura 5.15, si nota che il  $C_L$  perde dopo pochissimo tempo il suo caratteristico andamento sinusoidale, indice di un'alterazione del fenomeno di distacco alternato dei vortici. Il coefficiente di resistenza  $C_D$  mostra una progressiva diminuzione del proprio valor medio, causato dal deteriorarsi dei fenomeni vorticosi attorno al cilindro, come già mostrato dai campi di pressione.

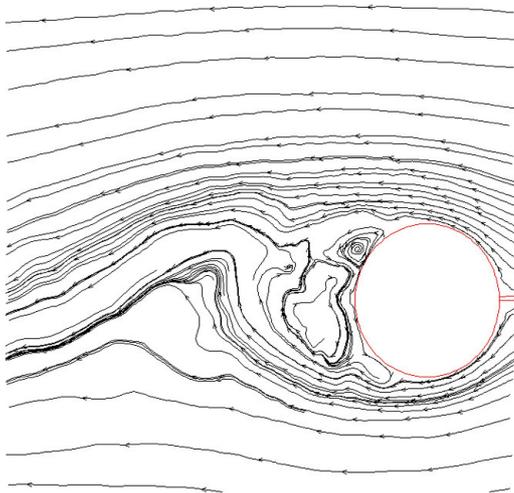


Fig. 5.16: campo di velocità istantaneo dopo 0,3 secondi - CASO VIII

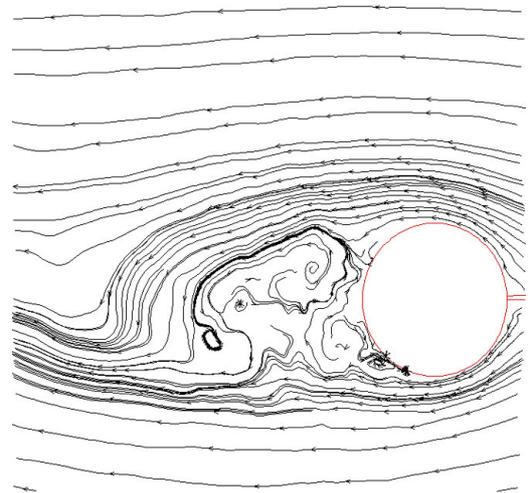


Fig 5.17: campo di velocità istantaneo dopo 0,45 secondi - CASO VIII

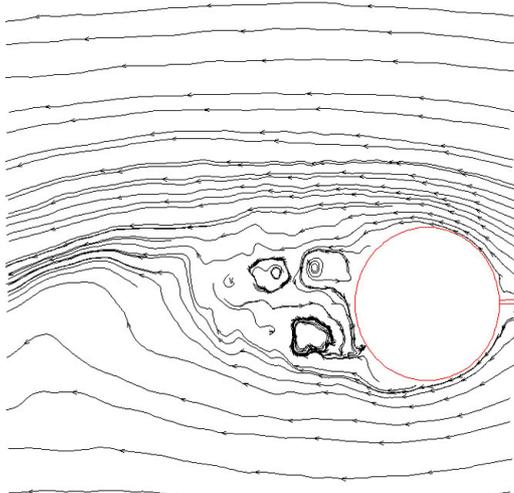


Fig 5.18: campo di velocità istantaneo dopo 0,6 secondi - CASO VIII

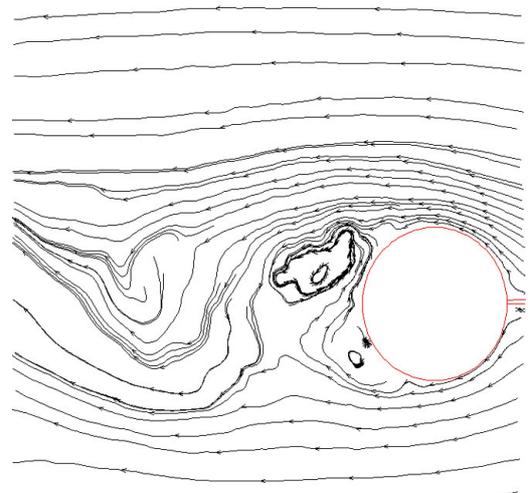


Fig 5.19: campo di velocità istantaneo dopo 0,9 secondi - CASO VIII

Nelle figure 5.16, 5.17, 5.18 e 5.19 sono riportati, visualizzati mediante le linee di corrente, i campi istantanei di velocità dopo 0,6, 0,9, 1,2 e 1,8 secondi. Si può notare la presenza nel campo di una sempre più accentuata ondulazione delle linee di corrente, dovuta alla presenza dei disturbi già evidenziati in precedenza tramite la visualizzazione dei campi di pressione istantanei.

Da quanto descritto finora appare chiaro che il fenomeno delle riflessioni spurie è, come per le simulazioni relative al modello SGS di Smagorinsky, attenuato dall'impiego dello schema upwind nella zona limitrofa al bordo esterno, come detto precedentemente, mentre lo schema centrato non è invece in grado di annullare le perturbazioni di pressione, a causa della bassa viscosità numerica che introduce nel campo, soprattutto se associato ad un modello di SGS relativamente poco dissipativo come il DTM. La bassa dissipazione introdotta sia dallo schema numerico che dal modello di subgrid inoltre è la causa, nel caso VIII, di un progressivo deterioramento del campo di pressione e dei fenomeni fisici a valle del modello, che portano ad una non corretta valutazione delle forze agenti sul cilindro.

Quindi, come si evince confrontando questi risultati con quelli analoghi ottenuti impiegando lo stesso modello SGS e lo schema upwind (rif. [13], rif. [14]), l'utilizzo di uno schema centrato nel presente codice deve essere associato all'impiego di un modello di SGS in grado di fornire una dissipazione maggiore.