

LA SIMULAZIONE FLUIDODINAMICA AL SERVIZIO DEL PROGETTISTA

Un metodo numerico multiscala per l'analisi degli scambiatori di calore di un motoveicolo ha consentito di minimizzare le risorse e il tempo richiesto, ottenendo un'accurata comprensione dei fenomeni. Grazie alle potenzialità del codice di calcolo Fluent 6.0

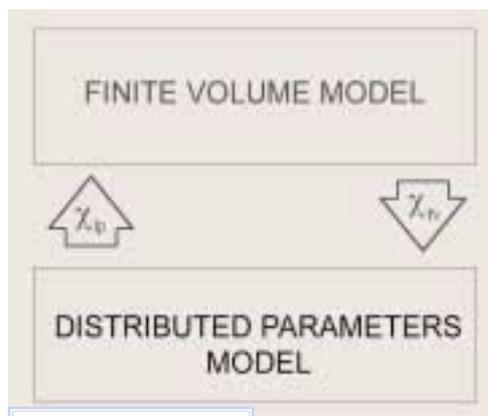
Attualmente, le simulazioni dei fenomeni di scambio termico e del moto dei fluidi basate sull'utilizzo di tecniche numeriche costituiscono la metodologia più avanzata per l'analisi di processi termofluidodinamici. L'analisi numerica rappresenta uno strumento efficace in grado di giocare un ruolo importante nella fase di progettazione di un sistema. È infatti in grado di supportare il progettista nella ricerca della migliore soluzione tra una vasta scelta di varie configurazioni iniziali, prima di effettuare complesse sperimentazioni su costosi modelli.

La continua ricerca scientifica e tecnologica nell'ambito della termofluidodinamica numerica ha consentito di realizzare nel tempo codici di calcolo sempre più veloci e affidabili e ha trovato a supporto l'esponenziale aumento della potenza di calcolo dei moderni calcolatori a dispetto di un costo relativo sempre più basso. Per questo motivo anche nel settore motociclistico la termofluidodinamica numerica ha dimostrato la capacità di fornire al progettista un fondamentale strumento di analisi. Il laboratorio di Termofluidodinamica Computazionale della Facoltà di Ingegneria di Forlì ha realizzato in

collaborazione con la Ducati Motor Holding un'analisi innovativa di un motoveicolo ad alte prestazioni, con il supporto della filiale italiana dell'azienda leader nel settore della fluidodinamica numerica, la Fluent.Inc.

In questo studio sono state abbinate una metodologia numerica che si basa su una fisica complessa e un metodo più semplice che consente di minimizzare le risorse e il tempo richiesto, ottenendo, in questo modo, un'accurata comprensione dei fenomeni limitando al tempo stesso i tempi richiesti dall'esecuzione dell'analisi. In particolare, il codice di calcolo Fluent 6.0 sviluppato dalla Fluent.Inc, in grado di analizzare complessi modelli a volumi finiti, è stato utilizzato congiuntamente a un metodo a parametri distribuiti, meno complesso nella sua formulazione, realizzato dagli autori.

collaborazione con la Ducati Motor Holding un'analisi innovativa di un motoveicolo ad alte prestazioni, con il supporto della filiale italiana dell'azienda leader nel settore della fluidodinamica numerica, la Fluent.Inc. In questo studio sono state abbinate una metodologia numerica che si basa su una fisica complessa e un metodo più semplice che consente di minimizzare le risorse e il tempo richiesto, ottenendo, in questo modo, un'accurata comprensione dei fenomeni limitando al tempo stesso i tempi richiesti dall'esecuzione dell'analisi. In particolare, il codice di calcolo Fluent 6.0 sviluppato dalla Fluent.Inc, in grado di analizzare complessi modelli a volumi finiti, è stato utilizzato congiuntamente a un metodo a parametri distribuiti, meno complesso nella sua formulazione, realizzato dagli autori.



1. Metodo multiscala.

LA METODOLOGIA

Obiettivo dello studio è stato la definizione di una metodologia multidimensionale per l'analisi dei processi termofluidodinamici che avvengono all'interno degli scambiatori di calore dell'impianto di raffreddamento di un motoveicolo ad alte prestazioni, permettendo così una stima delle prestazioni durante la fase di pro-

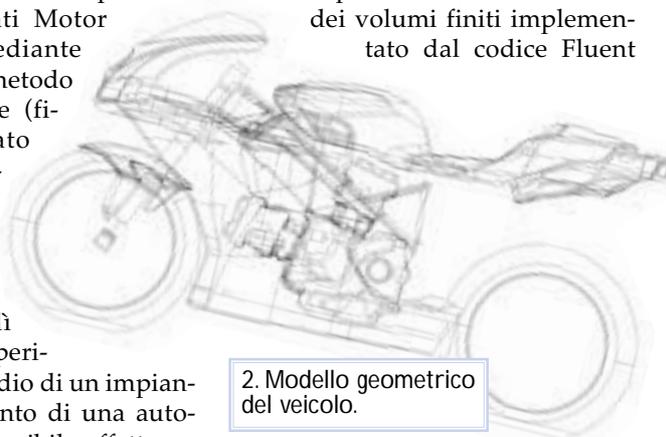
gettazione. L'analisi è stata condotta utilizzando come modello di studio l'impianto di raffreddamento della Ducati 999, motoveicolo ad alte prestazioni, attualmente prodotto dalla Ducati Motor Holding spa. Mediante l'utilizzo di un metodo multidimensionale (figura 1) sviluppato presso il laboratorio di termofluidodinamica computazionale della Facoltà di Ingegneria di Forlì (CTFD-Lab), già sperimentato per lo studio di un impianto di raffreddamento di una autovettura, è stato possibile effettuare l'analisi del processo di scambio termico all'interno degli scambiatori di calore del veicolo.

Il campo di moto attorno al motoveicolo e attraverso gli scambiatori (aria-olio ed aria-acqua) è stato studiato attraverso il codice commerciale Fluent 6.0 basato sulla metodologia a volumi finiti, al fine di determinare la distribuzione della velocità di attraversamento sui radiatori. Infine, tale distribuzione della velocità è stata utilizzata come condizione al contorno per un modello a parametri distribuiti dello scambiatore aria-olio in grado di simula-

sente di ottenere una rappresentazione efficace di un sistema caratterizzato da livelli di scale geometriche e fisiche notevolmente differenti. In particolare, solo il metodo dei volumi finiti implementato dal codice Fluent

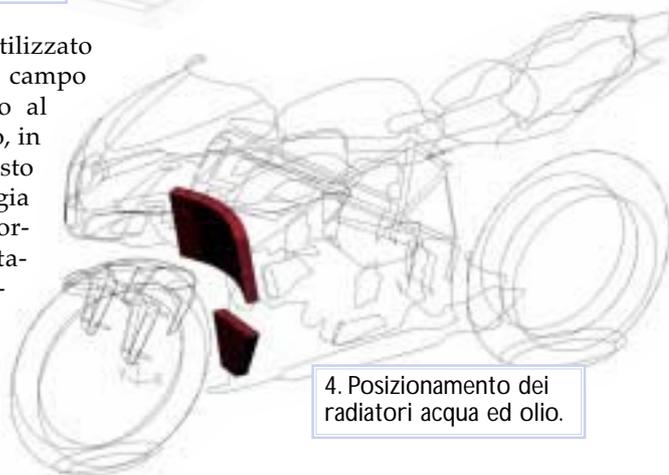
so termico attraverso gli scambiatori di calore e non appesantire ulteriormente il modello a volumi finiti, adotta invece una formulazione nella quale il sistema viene discretizzato attraverso un numero n di entità discrete, ciascuna delle quali rappresenta una parte del sistema oggetto di studio.

All'interno di ciascuna entità discreta viene risolta una forma integrale delle equazioni di bilancio. Nel nostro caso il metodo dei parametri distribuiti è stato utilizzato per discretizzare lo scambiatore di calore a flussi incrociati aria-olio che equipaggia il modello Ducati 999 (figura 5).

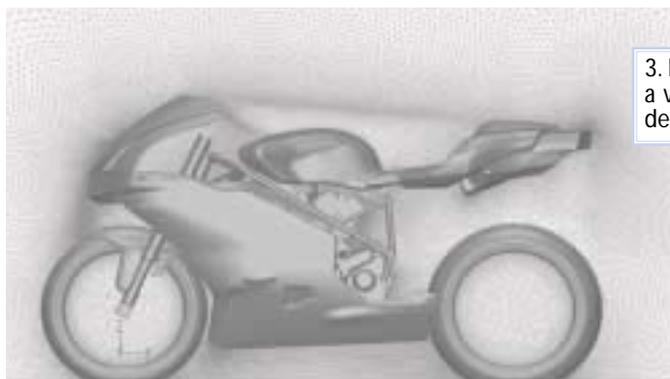


2. Modello geometrico del veicolo.

6.0 può essere utilizzato per analizzare il campo di moto attorno al veicolo completo, in quanto solo questo tipo di metodologia consente una corretta rappresentazione del fenomeno. Attraverso il codice Fluent 6.0 è stato possibile realizzare un modello del veicolo estrema-



4. Posizionamento dei radiatori acqua ed olio.



3. Modello a volumi finiti del veicolo.

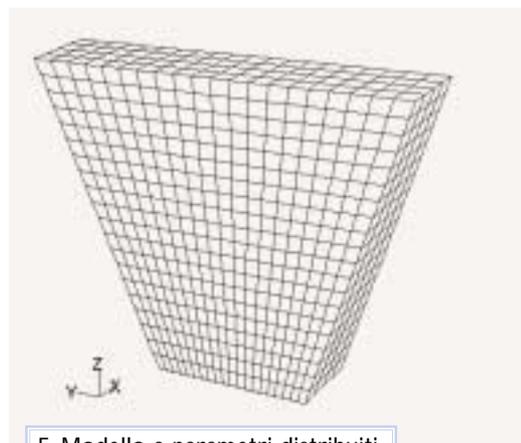
re gli effetti sul processo di scambio termico, determinati da distribuzioni di velocità non uniformi.

MODELLI NUMERICI

I metodi numerici a volumi finiti e a parametri distribuiti costituiscono due approcci numerici di diversa tipologia. Il processo di discretizzazione introdotto nei due metodi con-

mente dettagliato a partire direttamente dalle matematiche delle superfici del veicolo fornite dall'ufficio tecnico di Ducati (figure 2 e 3), nel quale ciascun componente essenziale per il funzionamento degli scambiatori di calore (figura 4) è stato introdotto.

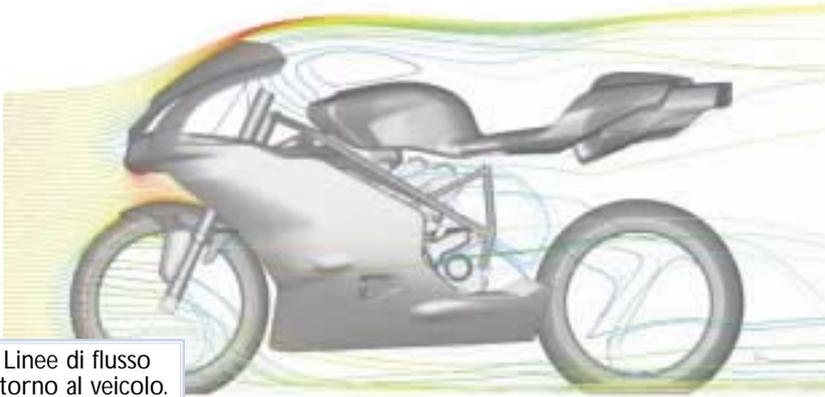
Il metodo dei parametri distribuiti, introdotto per analizzare il proces-



5. Modello a parametri distribuiti dello scambiatore aria-olio.

ANALISI DEI RISULTATI

L'analisi termofluidodinamica dello scambiatore aria-olio è stata condotta attraverso il metodo multidimensionale ipotizzando le seguenti condizioni di funzionamento:

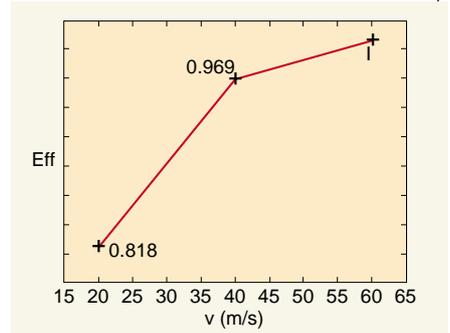


6. Linee di flusso attorno al veicolo.

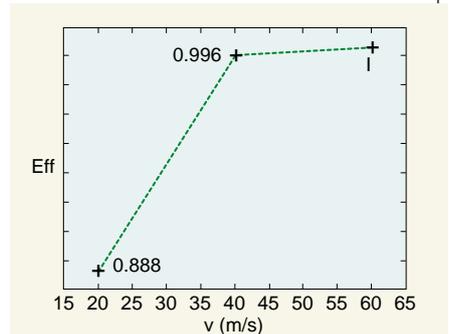
- velocità motoveicolo: 20-40-60 m/s,
- portata olio motore: 12 l/h,
- temperatura ingresso aria: 20 °C,
- temperatura ingresso olio motore: 130 °C.

L'analisi condotta attraverso il modello a volumi finiti del veicolo realizzato attraverso il codice Fluent 6.0 ha consentito di determinare le distribuzioni di velocità sulle superfici dei due scambiatori di calore aria-acqua ed aria-olio. Il volume occu-

pato dai due scambiatori (figura 2) è stato simulato come un mezzo poroso in grado di riprodurre sia la perdita di carico indotta sulla portata di aria circolante, che, nel caso dello scambiatore aria-acqua di forma curva, la deviazione sul flusso prodotta dalle alettature dello scambiatore. L'analisi fluidodinamica condotta (figura 6) ha messo in luce sia una diversa efficienza dei due scambiatori in termini di rapporto tra la velocità media di attraversa-



7. Efficienza di attraversamento scambiatore aria-olio.



8. Efficienza di attraversamento scambiatore aria-acqua.

«Gli aspetti termofluidodinamici relativi al funzionamento di un prodotto industriale - spiega Giorgio Buccilli, Sales and Marketing Manager della filiale italiana - possono essere studiati con tecniche sperimentali o con strumenti di simulazione computazionale (CFD Computational Fluid Dynamics). Questa tecnica consiste nella risoluzione al computer delle equazioni che governano la meccanica dei fluidi e il relativo scambio termico».



L'ingegner Giorgio Buccilli, Sales & Marketing Manager di Fluent Italia srl.

progettazione. L'utilizzo di Fluent permette di sviluppare il prodotto con maggiore efficienza e consapevolezza,

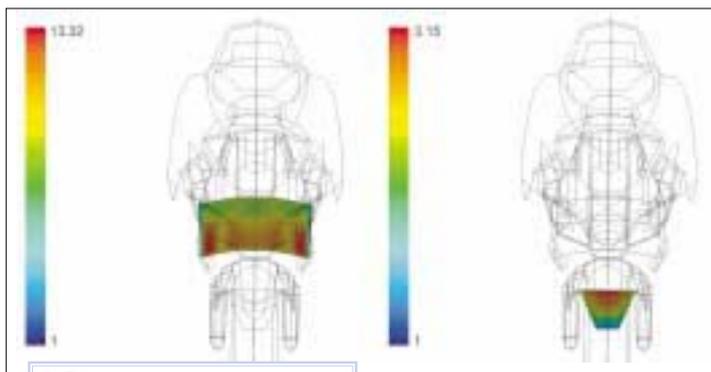
riducendo il "time to market" e contenendo i costi legati allo sviluppo». Da oltre 20 anni sul mercato,

la multinazionale americana offre una gamma completa di software per la simulazione termofluidodinamica e una vasta gamma di modelli fisici, in grado di rispondere a tutte le necessità di modellazione dei fenomeni termofluidodinamici, dal singolo componente all'analisi completa del veicolo. «Fluent Italia - sottolinea Buccilli - supporta il cliente nella valutazione dell'investimento, anche attraverso la realizzazione di casi test rappresentativi che danno al cliente una misura dei costi e dei benefici di questa tecnologia».

Alla pagina internet www.fluent.it sono disponibili numerosi esempi di applicazione della simulazione fluidodinamica all'industria automobilistica e a molti altri settori industriali.

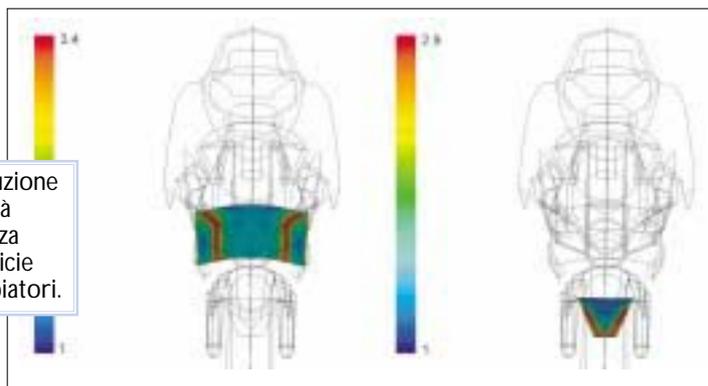
LA SIMULAZIONE AL COMPUTER NELL'INDUSTRIA AUTOMOBILISTICA

E aggiunge: «Il vantaggio principale è quello di poter studiare nel dettaglio le prestazioni di un prototipo virtuale al calcolatore, senza dover sostenere i costi di realizzazione del modello fisico e delle prove sperimentali di laboratorio. Inoltre questa tecnologia è accessibile anche alle aziende di piccole e medie dimensioni grazie alla progressiva riduzione del costo dei computer (a parità di prestazione) e al continuo sviluppo dell'efficienza e della semplicità d'uso dei software. Nell'industria automobilistica, per esempio, l'utilizzo del software Fluent per la simulazione fluidodinamica (CFD) consente di creare un banco prova virtuale per quantificare, visualizzare e ottimizzare le prestazioni del componente già nelle prime fasi di

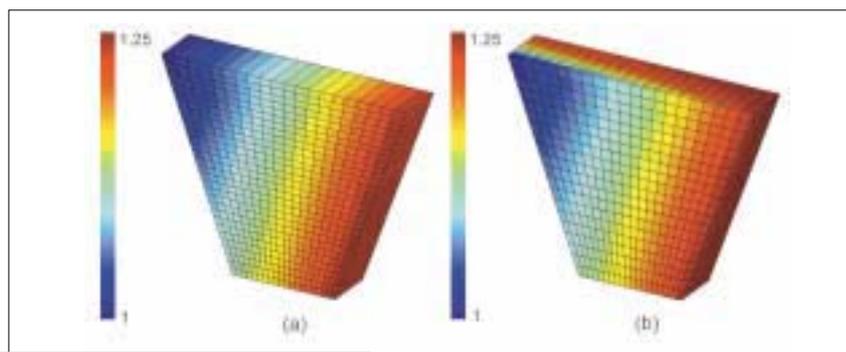


9. Distribuzione del modulo della velocità sulla superficie degli scambiatori.

mento e la velocità di avanzamento del veicolo, che un diverso effetto di saturazione nell'incremento di efficienza (figure 7 e 8). Le distribuzioni di velocità determinate sulle superfici degli scambiatori (figura 9) mostrano chiaramente l'influenza da parte di componenti come le forcelle, posizionate davanti allo scambiatore aria-acqua, o la ruota anteriore, dietro alla quale è posiziona-

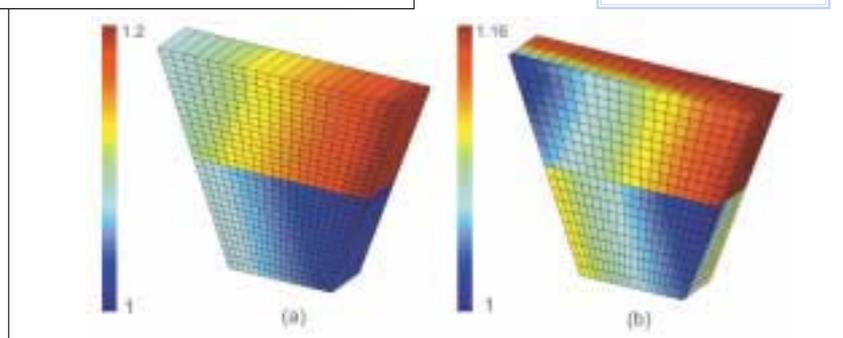


10. Distribuzione dell'intensità di turbolenza sulla superficie degli scambiatori.



11. Distribuzione della temperatura liquido nello scambiatore aria olio con circolazione ad I, griglia 20X20X1 (a), griglia 20x20x9 (b).

to lo scambiatore aria-olio. Inoltre, la presenza di queste parti del veicolo determina un flusso notevolmente complesso a valle delle stesse, ed a cui è associato un valore di intensità della turbolenza molto più alto rispetto al valore medio (figura 10). Questo risultato fornito dal modello a volumi finiti può avere una notevole influenza sull'efficienza del processo termico all'interno dei due scambiatori che equipaggiano il veicolo, e potrebbe essere ottenuto difficilmente con prove sperimentali. In questo senso, il modello a volumi finiti non ha, quindi, solo con-



12. Distribuzione della temperatura liquido nello scambiatore aria olio con circolazione ad U, griglia 20X20X1 (a), griglia 20x20x9 (b).

sentito di ottenere dei parametri di confronto con i dati sperimentali a disposizione, ma ha, inoltre, permesso di comprendere fenomeni complessi associati all'attraversamento degli scambiatori di calore da parte del flusso d'aria. Infine, le distribuzioni di velocità calcolate attraverso il modello a volumi fini-

ti sono state utilizzate come condizioni al contorno per il modello a parametri distribuiti dello scambiatore aria-olio. I risultati ottenuti in termini di temperatura di uscita del liquido nelle diverse configurazioni (figure 11 e 12) hanno mostrato un buon accordo con le caratterizzazioni sperimentali dello scambiatore aria-olio, permettendo di considerare l'effetto della distribuzione di velocità non uniformi, determinate attraverso il modello a volumi fini-

ti, sullo scambio termico, minimizzando al tempo stesso i tempi necessari per le analisi.

A. Cantagalli, R. Rossi, Laboratorio di Termofluidodinamica Computazionale, Seconda Facoltà di Ingegneria di Forlì. S. Di Piazza, A. Ferraresi, Ducati Motor Holding spa.