



UNIVERSITA' DI PISA

FACOLTA' DI INGEGNERIA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA AEROSPAZIALE



TESI DI LAUREA SPECIALISTICA

Ottimizzazione fluidodinamica di una superficie portante per
un catamarano da competizione

Relatori:

Prof. Ing. Giovanni Lombardi
Ing. Marco Maganzi
Ing. Francesco Pitillo

Candidato:

Daniela Frascati

ANNO ACCADEMICO 2009-2010

Indice

Elenco delle figure

Elenco delle tabelle

1. Introduzione.....	1
2. Il catamarano	
2.1 Introduzione.....	3
2.2 La navigazione a vela.....	5
2.3 Deriva e sue funzioni principali.....	8
2.4 Vincoli di progetto e obiettivo del lavoro di tesi.....	12
3. La procedura di ottimizzazione	
3.1 Ottimizzazione.....	13
3.2 Algoritmi di ottimizzazione.....	14
3.3 Ciclo di ottimizzazione.....	16
3.4 Ottimizzazione della deriva.....	17
4. Modello geometrico della deriva	
4.1 Introduzione.....	18
4.2 Il modello della deriva.....	18
4.3 Parametrizzazione della geometria.....	20
4.4 Modello 3D e calcolo della superficie della deriva.....	25
4.5 Realizzazione del dominio di calcolo.....	27
5. Solutore aerodinamico	
5.1 Introduzione.....	29
5.2 Importazione del modello geometrico.....	30
5.3 Generazione della <i>mesh</i>	31
5.4 Definizione delle condizioni al contorno.....	38
5.5 Impostazione del modello fisico.....	39
5.6 Esportazione dei risultati.....	41
6. Impostazione del software di ottimizzazione	
6.1 Introduzione.....	43
6.2 Ciclo di ottimizzazione.....	44

6.3	Impostazione dei parametri geometrici.....	47
6.4	Algoritmo di ottimizzazione.....	48
6.5	Impostazione del software CATIA V5®.....	51
6.6	Impostazione della macro e di STARCCM+®.....	53
6.7	File in uscita e funzione obbiettivo.....	55
7.	Analisi dei risultati e configurazione vincente	
7.1	Analisi dei risultati dell'ottimizzazione.....	58
7.2	Analisi delle configurazioni di ottimo e scelta della configurazione vincente.....	61
7.3	Configurazione vincente.....	71
7.4	Verifica del vincolo di ingombro.....	75
8.	Caratteristiche geometriche e fluidodinamiche delle nuove configurazioni	
8.1	Caratteristiche geometriche delle nuove configurazioni.....	77
8.2	Analisi fluidodinamica delle nuove configurazioni.....	79
8.3	Visualizzazioni.....	84
9.	Conclusioni	
9.1	Conclusioni.....	93
9.2	Sviluppi futuri.....	94
	Bibliografia.....	95
	Appendice A.....	96

Elenco delle figure

Figura 2.1 Catamarano di coppa America

Figura 2.2 Il catamarano a vela

Figura 2.3 Composizione delle velocità relative alla barca

Figura 2.4 Andature delle imbarcazioni a vela

Figura 2.5 Andatura di poppa

Figura 2.6 Andatura di bolina

Figura 2.7 Forza idrodinamica sulla deriva

Figura 2.8 Esempio di deriva del catamarano da competizione

Figura 2.9 Forza verticale generata dalla deriva con scafo parallelo al pelo libero dell'acqua

Figura 2.10 Forza verticale generata dalla deriva con scafo inclinato

Figura 3.1 Gradiente coniugato

Figura 3.2 Algoritmo genetico

Figura 3.3 Schema logico del ciclo di ottimizzazione

Figura 4.1 Profilo aerodinamico di partenza

Figura 4.2 Esempio di deriva sollevata dall'acqua

Figura 4.3 Macro di Excel

Figura 4.4 *Spline* corda del profilo

Figura 4.5 Geometria dei profili

Figura 4.6 *Spline* della deriva totale

Figura 4.7 Ramo dei parametri

Figura 4.8 Esempio di definizione delle superfici

Figura 4.9 Definizione dell'area in pianta della deriva

Figura 4.10 Dimensioni del dominio di calcolo

Figura 5.1 Opzioni di importazione della geometria

Figura 5.2 Importazione della geometria

Figura 5.3 Superfici rinominate

Figura 5.4 *Mesh* di superficie nel dominio di calcolo

Figura 5.5 *Mesh* di superficie nel dominio di calcolo con scena trasparente

Figura 5.6 Mesh di superficie nell'intersezione del dominio di calcolo con il root della deriva

Figura 5.7 Mesh di volume nel dominio di calcolo

Figura 5.8 Mesh di volume nell'intersezione tra il profilo al root della deriva e il dominio di calcolo

Figura 5.9 Mesh di volume nell'intersezione tra il profilo al root della deriva e il dominio di calcolo

Figura 5.10 Mesh di volume sulla deriva

Figura 5.11 Icone delle condizioni al contorno

Figura 5.12 Geometria con condizioni al contorno assegnate

Figura 5.13 Impostazione del modello fisico

Figura 5.14 Creazione dei *report*

Figura 6.1 Interfaccia grafica di modeFRONTIER® aperta nell'ambiente di lavoro *Workflow*

Figura 6.2 Ciclo di ottimizzazione sviluppato in modeFRONTIER®

Figura 6.3 Settaggio di un parametro

Figura 6.4 Nodo di impostazione dell'algoritmo di ottimizzazione

Figura 6.5 Impostazione della popolazione iniziale dell'algoritmo di ottimizzazione

Figura 6.6 Impostazione dell'algoritmo di ottimizzazione

Figura 6.7 Impostazione del nodo CATIA

Figura 6.8 Driver editor del software CATIA V5®

Figura 6.9 Impostazione della macro di STARCCM+®

Figura 6.10 Impostazione del valore della superficie di riferimento come variabile all'interno della macro di STARCCM+®

Figura 6.11 Impostazione del nodoSTARCCM+®

Figura 6.12 File Script di impostazione del nodo ssh

Figura 6.13 Impostazione del file di output

Figura 6.14 Impostazione del valore giusto della variabile di uscita

Figura 6.15 Impostazione del nodo obiettivo

Figura 7.1 *Design Table*

Figura 7.2 *History-min_Resistenza*

Figura 7.3 *History-max_Forza_verticale*

Figura 7.4 *Scatter min_Resistenza vs max_Forza_verticale*

Figura 7.5a Vista frontale e vista laterale della configurazione numero 387

Figura 7.5b Profilo al *tip* della configurazione numero 387

Figura 7.5c Profilo al *root* della configurazione numero 387

Figura 7.6a Vista frontale e vista laterale della configurazione numero 730

Figura 7.6b Profilo al *tip* della configurazione numero 730

Figura 7.6c Profilo al *root* della configurazione numero 730

Figura 7.7a Vista frontale e vista laterale della configurazione numero 735

Figura 7.7b Profilo al *tip* della configurazione numero 735

Figura 7.7c Profilo al *root* della configurazione numero 735

Figura 7.8 *Mesh* di volume sulla configurazione 387

Figura 7.9 *Mesh* di volume sull'intersezione deriva-box di calcolo della configurazione 387

Figura 7.10 *Prism layer* creato sulle pareti della deriva della configurazione 387

Figura 7.11 *Mesh* di volume sulla configurazione 730

Figura 7.12 *Prism layer* creato sulle pareti della deriva della configurazione 730

Figura 7.13 *Mesh* di volume sulla configurazione 735

Figura 7.14 *Mesh* di volume sulla configurazione 735 con scena trasparente

Figura 7.15 *Prism layer* creato sulle pareti della deriva della configurazione 735

Figura 7.16 C_L - alfa della configurazione vincente

Figura 7.17 F_V - alfa della configurazione vincente

Figura 7.18 Polare della configurazione vincente

Figura 7.19 Efficienza della forza laterale della configurazione vincente

Figura 7.20 Efficienza della forza verticale della configurazione vincente

Figura 7.21 Rappresentazione della deriva 387 montata su uno scafo e dimensioni di ingombro

Figura 8.1 Vista laterale e dimensioni principali della configurazione 387_1

Figura 8.2 Vista laterale e dimensioni principali della configurazione 387_2

Figura 8.3 C_L -*alfa* delle configurazioni n.387_1 e 387_2

Figura 8.4 C_{F_V} -*alfa* delle configurazioni n.387_1 e 387_2

Figura 8.5 Polare delle configurazioni n.387_1 e 387_2

Figura 8.6 Efficienza delle configurazioni n.387_1 e 387_2

Figura 8.7 Efficienza della forza verticale F_V delle configurazioni n.387_1 e 387_2

Elenco delle tabelle

Tabella 5.1 Valori di settaggio per la dimensione della *mesh*

Tabella 6.1 Valori assegnati ai parametri dell'ottimizzazione

Tabella 7.1 Caratteristiche geometriche e aerodinamiche delle configurazioni scelte dai risultati dell'ottimizzazione

Tabella 7.2 Valori dei parametri della griglia di calcolo

Tabella 7.3 Confronto dei risultati delle simulazioni fluidodinamiche delle tre configurazioni analizzate

Tabella 7.4 Valori delle funzioni fluidodinamiche della configurazione n.387 a diversi angoli di incidenza

Tabella 8.1 Caratteristiche geometriche delle configurazioni n. 387_1 e 387_2

Tabella 8.2 Numero di celle di superficie e di volume delle configurazioni n.387_1 e 387_2

Tabella 8.3 Valore delle funzioni fluidodinamiche delle configurazioni 387_1 e 387_2 a diversi angoli di incidenza