

PROGRAMMA DI RICERCA INSEAN 2007-2009

CONTABILITÀ PER VOCI DI COSTO

VOCE DI COSTO	CAPITOLO/I DI SPESA	ESERCIZIO FINANZIARIO 2007	ESERCIZIO FINANZIARIO 2008	ESERCIZIO FINANZIARIO 2009	TOTALE
Personale		404.408,13	482.261,38	373.062,00	1.259.731,51
Collaboratori	1.2.1.003	0,00	0,00	0,00	0,00
Missioni	1.2.1.004	20.695,33	53.654,06	53.813,63	128.163,02
Convegni e congressi	1.2.1.005	2.570,04	8.495,08	14.894,47	25.959,59
Convenzioni e conferenzieri	1.2.1.006	5.051,65	5.000,00	25.777,88	35.829,53
Lavori affidati a terzi	1.2.1.007	0,00	0,00	53.756,55	53.756,55
Subforniture	1.2.1.008	0,00	0,00	0,00	0,00
Spese generali (92,7% delle spese di personale nel 2007, 97,7% nel 2008, 101,4% nel 2009)		374.886,33	471.169,36	378.284,88	1.224.340,57
TOTALE SPESE DI FUNZIONAMENTO		807.611,48	1.020.579,88	899.589,41	2.727.780,77
Ammortamento spese di investimento		42.882,13	44.043,20	48.754,66	135.679,99
TOTALE GENERALE		850.493,61	1.064.623,08	948.344,07	2.863.460,76

CONTABILITÀ PER AREE DI RICERCA

AREA DI RICERCA	ESERCIZIO FINANZIARIO 2007	ESERCIZIO FINANZIARIO 2008	ESERCIZIO FINANZIARIO 2009	TOTALE
Area 1 - Resistenza e Ottimizzazione	146.600,45	224.282,09	192.084,59	562.967,13
Area 2 - Propulsione e Cavitazione	208.056,53	217.223,30	173.629,88	598.909,71
Area 3 - Seakeeping e Manovrabilità	206.353,42	247.279,58	206.178,85	659.811,85
Area 4 - Vibrazioni e Rumore	146.844,70	208.414,42	182.618,47	537.877,59
Area 5 - Modelli e Metodi di Calcolo per Flussi Turbolenti	142.638,51	167.423,69	193.832,27	503.894,47
TOTALE	850.493,61	1.064.623,08	948.344,07	2.863.460,76

PROGRAMMA DI RICERCA SUL TRASPORTO MARITTIMO SICURO – ANNO 2009**CONTABILITÀ PER VOCI DI COSTO**

VOCE DI COSTO	CAPITOLO/I DI BILANCIO	SPESA
Personale		152.867,10
Collaboratori	1.2.1.003	0,00
Missioni	1.2.1.004	13.101,88
Convegni e congressi	1.2.1.005	5.367,20
Convenzioni e conferenzieri	1.2.1.006	0,00
Lavori affidati a terzi	1.2.1.007	0,00
Subforniture	1.2.1.008	0,00
Spese generali (101,4% delle spese di personale)		155.007,25
TOTALE SPESE DI FUNZIONAMENTO		326.343,43
Ammortamento spese di investimento		30.537,63
TOTALE GENERALE		356.881,06

CONTABILITÀ PER AREE DI RICERCA

AREA DI RICERCA	SPESA
Riduzione dei fattori di rischio di sinistri marittimi attraverso processi e modalità di costruzione di unità da diporto caratterizzati da elementi innovativi	120.308,90
Riduzione dei rischi per la nave e per le persone derivanti dalla gestione della sicurezza della navigazione e della security a bordo delle unità da diporto	152.375,10
Riduzione dei rischi per la nave ed il personale navigante imbarcato sulle navi da diporto, correlati all'organizzazione ed alle nuove modalità delle prestazioni lavorative	84.197,05
TOTALE	356.881,05

Allegato 1**Programmi di ricerca presentati al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti****Programma N. 1 PROGRAMMA DI RICERCA INSEAN 2007-2009**

Obiettivi: Dare risposte alle esigenze dei progettisti che richiedono strumenti veloci, affidabili e a costo contenuto in grado di prevedere il comportamento delle navi e delle strutture marine così da poter eseguire le necessarie modifiche al progetto fin dalle sue fasi iniziali, riducendo in tal modo significativamente i costi complessivi.

Attività previste: Realizzazione di esperimenti orientati a comprendere la fisica dei fenomeni idrodinamici; necessità di disporre di modelli fisico-matematici idonei a trattare fenomeni di fluido dinamica complessi. Si citano a titolo di esempio: algoritmi di ottimizzazione delle carene volti a ridurre la resistenza all'avanzamento (minori potenze installate e minori consumi), miglioramento del comportamento della nave in condizioni meteo avverse e miglioramento della manovrabilità (maggiore sicurezza), riduzione del rumore irradiato interno-nave (aumento del benessere) ed irradiato all'esterno (ridotto inquinamento ambientale). Insieme di attività consistenti con la Simulation Based Design che è uno strumento essenziale della moderna ingegneria.

Si riportano di seguito le attività svolte per ciascuna delle 5 aree in cui è suddiviso il progetto.

Area 1: Resistenza Idrodinamica e Ottimizzazione

Obiettivi: Sono rappresentati dallo sviluppo delle tematiche di ricerca contenute nei seguenti 9 temi:

- Tema 1.1. Resistenza idrodinamica della nave
- Tema 1.2. Sicurezza della Navigazione – Idrodinamica di impatto
- Tema 1.3. Tecniche innovative di riduzione della resistenza all'avanzamento
- Tema 1.4. Problemi a singolo obiettivo: algoritmi di ottimizzazione globale
- Tema 1.5. Problemi a grande dimensione
- Tema 1.6. Modelli surrogati, meta-modelli
- Tema 1.7. Sviluppo e verifica di algoritmi di ottimizzazione in ambito (MDO) *Multidisciplinary Design Optimization*
- Tema 1.8. Calcolo ad alte prestazioni con impiego di architetture parallele
- Tema 1.9. Sperimentazione su modelli in grande scala di barche a vela

Attività svolta nel 2009: Lo studio dei problemi connessi al frangimento di onde è stato focalizzato su una analisi quantitativa del processo di intrappolamento d'aria, della frammentazione della cavità intrappolate in piccole bolle e della successiva degassificazione. In particolare sono stati analizzati più in dettaglio rispetto a quanto fatto in passato i meccanismi di generazione di vorticità conseguenti al processo di frammentazione. A questi meccanismi è infatti associata gran parte della dissipazione di energia che si ha in presenza di processi di frangimento.

Parallelamente allo studio suddetto è continuato lo sviluppo del codice di calcolo per flussi bifase tridimensionale da impiegare su cluster a memoria distribuita. Durante il 2009 sono state implementate, e sono tuttora oggetto di validazione, le routine per il trasferimento di informazioni, limitatamente a quelle legate al tracciamento dell'interfaccia, tra blocchi adiacenti e/o tra i diversi processori.

Nell'ambito delle problematiche di impatto, è proseguito lo studio riguardante la partenza impulsiva di un disco inizialmente galleggiante sulla superficie libera. L'attenzione ha riguardato prevalentemente la stima dei carichi, con l'obiettivo di giungere ad una stima asintotica valida nelle prime fasi dopo la partenza impulsiva. In modo analogo a quanto fatto per la lastra bidimensionale, la stima teorica è stata confrontata con i risultati di simulazioni numeriche nel dominio del tempo. Il confronto è stato effettuato sia nel caso di storia di velocità imposta, in particolare è stato scelto il caso di velocità uniforme, e sia nel caso in cui i carichi idrodinamici vengono usati nell'equazione della dinamica del moto per ottenere il valore dell'accelerazione e quindi della velocità. I risultati del confronto hanno mostrato che la stima teorica fornisce risultati accurati fino ad una immersione del disco pari a circa il 20% del raggio. Per immersioni maggiori la stima perde progressivamente validità. A fronte della perdita di precisione in termini di stima dei carichi, i risultati in termini di velocità e di spostamento rimangono in un limite accettabile dell'ordine del 5% di errore anche per immersioni dell'ordine del raggio del disco. Questo risultato è abbastanza interessante se si considera che lo studio è stato effettuato sotto l'ipotesi di piccoli spostamenti. Oltre al confronto con la soluzione numerica nel dominio del tempo, è stato effettuato un confronto con risultati sperimentali disponibili in letteratura. Anche in questo il confronto ha mostrato un ottimo accordo, almeno fino ad immersioni dell'ordine del raggio del disco.

Nell'ambito delle tecniche innovative per la riduzione di resistenza è proseguito lo studio dell'effetto di microbolle in flussi turbolenti di parete. A completamento delle attività precedenti, è stata effettuata un'analisi dettagliata della ripartizione dell'energia cinetica turbolenta fra le varie scale del flusso, esaminando il comportamento della funzione di struttura longitudinale del secondo ordine. Tale analisi ha confermato l'ipotesi avanzata in precedenza secondo cui alla base del meccanismo di riduzione di resistenza vi sia un processo di rottura della coerenza delle strutture vorticosi di larga scala, in conseguenza della quale l'energia cinetica turbolenta viene ridistribuita a scale più piccole. Attualmente si sta procedendo all'allestimento di un setup sperimentale per l'analisi dell'evoluzione temporale del campo di velocità di analoghe tipologie di flusso allo scopo di chiarire i meccanismi alla base dell'accumulazione preferenziale delle bolle all'interno delle strutture vorticosi, e l'evoluzione di tali strutture in seguito all'interazione con la fase dispersa.

Nell'ambito dell'ottimizzazione a singolo obiettivo, è stata considerata la possibilità di accoppiare algoritmi di tipo evolutivo (*Particle Swarm Optimization* – PSO) con algoritmi della classe "*Covering Method*" (*Adaptive Covering Methods* – ACM). I primi sono tipicamente caratterizzati da una elevata efficienza computazionale, ma non sono supportati da una prova della loro convergenza ad un punto stazionario. Viceversa, i metodi della classe ACM hanno una rigorosa prova di convergenza globale, ma richiedono un elevato impegno computazionale a causa dell'elevato numero di valutazioni della funzione obiettivo. È stato quindi prodotto un algoritmo in cui i predetti algoritmi PSO ed ACM vengono impiegati in parallelo ed in forma collaborativa. Il loro uso combinato ha dimostrato, per problemi test di tipo algebrico, una maggior efficienza rispetto agli algoritmi componenti utilizzati in modo isolato. Sono stati inoltre considerati algoritmi per la soluzione di una particolare classe di problemi *mixed-integer*, ossia per i quali non solo siano presenti contemporaneamente variabili reali ed intere, ma per i quali il numero di parametri rappresenti esso stesso una incognita del problema. Tipicamente, il problema della scelta ottima della compartimentazione di una nave ricade in questa tipologia. I risultati preliminari forniti da un algoritmo "*ad hoc*" sviluppato per questa classe di problemi ha fornito risultati incoraggianti, risultando in grado di risolvere correttamente una serie di problemi algebrici dedicati. Infine, sono stati analizzate le caratteristiche degli algoritmi di tipo PSO applicati a problemi di ottimizzazione robusta (*Robust Design Optimization* – RDO). È stato studiato un problema di ottimizzazione di una nave da carico nella fase di *early prototyping*. È stato risolto un problema di tipo RDO sia per il caso a singolo obiettivo che multiobiettivo.

Nell'ambito dello sviluppo di modelli surrogati, o meta-modelli, sono in corso di

sperimentazione i metodi di interpolazione di tipo “Kriging”. Questi metodi di interpolazione presentano caratteristiche tali da renderli particolarmente appetibili nell’utilizzo come modelli surrogati. Infatti, le modalità di *training* e le operazioni necessarie a costruire le matrici di influenza sono particolarmente snelle se confrontate con altri modelli di interpolazione o di approssimazione come le reti neurali. In questo ultimo caso, infatti, per la determinazione dei parametri della rete è richiesta la soluzione di un problema di ottimizzazione di dimensioni non trascurabili, mentre per un modello di tipo “kriging” è richiesta unicamente la fattorizzazione di una matrice di dimensioni pari al numero di punti di *training*. Tuttavia, la qualità dell’interpolante dipende fortemente dalla funzione di correlazione (semi-variogramma) ipotizzata per la funzione obiettivo. Sono state considerate diverse opzioni per la determinazione empirica del semi-variogramma, sulla base dei punti di *training*.

Proseguendo nello sviluppo di metodi di ottimizzazione multidisciplinare, è stata avviata la fase di formulazione ed implementazione di una procedura di soluzione per problemi multidisciplinari in un contesto RDO. Si tratta di problemi in cui alle complessità dell’ottimizzazione multidisciplinare si sommano quelle tipiche della ottimizzazione robusta.

L’attività svolta è documentata dai Rapporti INSEAN: 2008-065/pp, 2009-004/ci, 2009-007/ci, 2009-022/ci, 2009-024/rt, 2009-025/rt, 2009-026/rt, 2009-031/rt, 2009-032/rt, 2009-033/ci, 2009-034/pp, 2009-035/pp, 2009-36/pp, 2009-066/rt, 2009-072/rt, 2009-076/ci, 2009-077/ci, 2009-085/rt.

Area 2: Propulsione e Cavitazione

Obiettivi: Sono rappresentati dallo sviluppo delle tematiche di ricerca contenute nei seguenti 7 temi:

Tema 2.1. Idrodinamica di eliche non cavitanti

Tema 2.2. Eliche cavitanti

Tema 2.3. Propulsori azimutali

Tema 2.4. Propulsori per navi veloci

Tema 2.5. Problematiche legate alla propulsione navale

Tema 2.6. Studio di sistemi ad elica per la produzione di energia pulita dalle correnti marine ed eoliche

Tema 2.7. Metodologie previsionali delle prestazioni propulsive al vero

Attività svolta nel 2009: L’attività di modellazione delle eliche in condizioni non cavitanti ha riguardato due aspetti complementari: (i) generalizzazione del modello agli elementi di contorno (BEM) per l’analisi di propulsori isolati, e (ii) sviluppo di interfacce basate su tecnica ‘body-force’ per l’accoppiamento di solutori BEM e RANSE allo studio dell’interazione propulsore-carena con metodologia ibrida RANSE/BEM. Riguardo al primo punto, è stato ulteriormente sviluppato il codice che manipola i dati geometrici di un elica per generare le griglie di calcolo impiegate dal solutore BEM. Questa attività si rende utile per automatizzare le procedure di analisi ricorsiva delle prestazioni di eliche nel caso di accoppiamento tra il solutore BEM ed codici di ottimizzazione numerica di forma.

Riguardo la tecnica ‘body-force’ per l’accoppiamento BEM-RANSE, il modello sviluppato in precedenza è stato applicato a simulazioni di auto-propulsione di navi da trasporto mono-elica in condizioni operative realistiche. In particolare, l’interfaccia BEM/body-force sviluppata in Istituto, ed integrata nel periodo precedente nel codice RANSE sviluppato in Istituto, è stata ulteriormente validata mediante integrazione con un codice RANSE sviluppato dall’Ecole Centrale de Nantes (ECN, Francia), ed i risultati ottenuti hanno mostrato la validità e la generalità dell’approccio proposto.

Sul tema delle eliche cavitanti è proseguita l’attività di lungo termine di sviluppo ed

applicazione del modello di cavitazione per flussi non viscosi implementato nel codice BEM per l'analisi idrodinamica di propulsori ad elica. In particolare, l'attività ha riguardato principalmente la messa a punto del modello di cavitazione nei casi di: (i) eliche isolate aventi geometrie di pala ad elevato svergolamento (*skew*), e (ii) estensione al caso di eliche intubate. In aggiunta ai temi sopracitati è stato proseguito lo studio di tecniche di modellazione delle regioni cavitanti basate sull'equazione di Rayleigh-Plesset. Un primo modello di cavitazione basato su questo nuovo approccio è in via di implementazione. Relativamente alle attività sperimentali, è stata allestita una carena nel tunnel di cavitazione per lo studio delle pressioni indotte sulla volta di poppa del campo di pressione creato dall'elica. La carena è stata strumentata con sensori di pressione in parete, idrofoni nel flusso, ed accelerometri. Gli idrofoni montati in diversi punti del flusso consentono di caratterizzare il campo di rumore irradiato in vicinanza dell'elica. Le misure sono state eseguite in concomitanza ai rilevamenti ottici dell'estensione della cavitazione tramite visualizzazioni dello sviluppo del pattern di cavitazione durante la rotazione dell'elica.

È proseguita l'attività di sviluppo della tecnica di generazione di bolle di cavitazione per la caratterizzazione dell'influenza reciproca del campo di bolle, o nuclei, sullo sviluppo della cavitazione sull'elica e, conseguentemente, sul campo di bolle in scia dell'elica. Tale aspetto è di fondamentale importanza in quanto condiziona non solo la segnatura acustica dell'elica, sia a livello di pressioni indotte sia di rumore irradiato nel campo lontano, ma anche la segnatura ottica dell'intero scafo. A tale fine, è stato realizzato un sistema di generazione di bolle microscopiche che consente di creare differenti distribuzioni di bolle a monte dell'elica, e quindi di studiare l'effetto in modo parametrico. Questo sistema si basa sul fenomeno di cavitazione stesso, ed è stato preferito alla tecnica basata sull'elettrolisi sviluppata in precedenza, in quanto offre maggiore controllo sulle dimensioni e una maggiore semplicità nel suo allestimento. Il campo di bolle creato sarà studiato, sia a monte sia a valle dell'elica, col strumento *DDPIV* (*Defocusing Digital Particle Image Velocimetry*). Tale strumento consente in un volume la realizzazione della misura delle 3 componenti della velocità, la misura della dimensione e della distribuzione spaziale di bolle e nuclei. Il sistema, già precedentemente calibrato per la parte velocimetrica, è in fase di calibrazione per la parte dimensioni di bolle. La tecnica è basata su un'approssimazione della legge di Mie che consente di stabilire le dimensioni di bolle con riferimento a particelle.

Lo studio della modellazione idrodinamica dei propulsori azimutali è stato affrontato con la metodologia ibrida *RANSE/BEM*. L'attività nel presente periodo ha riguardato l'analisi dei problemi legati alla modellazione di mozzi ad elevato rapporto di rastremazione tipici delle eliche usate in configurazioni POD. In realtà i propulsori azimutali rappresentano un caso particolare del problema generale dei propulsori complessi in cui l'elica interagisce in modo diretto con parti fisse. Rientrano in questa casistica i propulsori ad elica intubata. In relazione a questi è stato condotto uno studio volto a comprendere gli effetti della vorticità rilasciata dalle pale nella zona apicale sulla corretta modellazione del flusso nell'interstizio tra apice pale e superficie interna del mantello. Tale studio completa l'attività precedente sui modelli detti di 'gap flow'.

Sono stati inoltre completati alcuni studi sulla cavitazione riguardanti in particolare la comparazione del rischio di cavitazione tra eliche intubate ed eliche non-intubate operanti in condizioni 'equivalenti' da diversi punti di vista: spinta o velocità nave. Le simulazioni sono state effettuate con il solutore BEM per eliche intubate cavitanti già descritto.

Per quanto riguarda i propulsori per navi veloci si sono affrontati aspetti legati alla propulsione ad idrogetto e con eliche di superficie. L'attività di modellazione BEM di eliche intubate descritta precedentemente è stata oggetto di una generalizzazione per poter essere impiegata nello studio di sistemi rotorici operanti in condotti. Il modello è in via di completamento.

Gli studi svolti nei periodi precedenti hanno evidenziato l'opportunità di procedere allo sviluppo di modelli computazionali ottenuti combinando un solutore BEM per eliche

convenzionali con un modello a reti neurali per catturare la complessa fenomenologia del flusso trifase, acqua-vapore-aria, che caratterizza questo tipo di propulsori. Sono stati quindi studiati modelli per la sintesi di sistemi complessi mediante reti neurali addestrate su dati numerici e/o sperimentali. In particolare, è stato sviluppato ed implementato un modello basato su una rete multistrato del tipo “feed-forward”, mentre l’addestramento è del tipo a “backpropagation”, con inclusione di un modello “Newton-Gauss” per il calcolo dei pesi associati alle connessioni sinaptiche. Il modello computazionale è stato verificato e validato su un dataset sperimentale relativo ad eliche convenzionali della nota serie sistematica di Wageningen. Per l’anno seguente è prevista l’applicazione al caso delle eliche di superficie. L’addestramento in questo caso sarà effettuato combinando dati sperimentali disponibili in Istituto e noti dalla letteratura.

L’attività di modellazione teorico/computazionale svolta nel periodo in oggetto ha riguardato in primo luogo la previsione della segnatura acustica di eliche navali in condizioni operative. Modelli idroacustici basati sulla soluzione integrale dell’equazione delle onde sono stati validati mediante confronto diretto con risultati di letteratura, con risultati forniti da codici di calcolo già validati e con dati sperimentali relativi a certe condizioni di lavoro.

In questa fase è stata posta particolare attenzione all’analisi delle condizioni cavitanti le quali, da un punto di vista acustico, sono particolarmente difficili da descrivere. I modelli teorico numerici sviluppati in quest’ambito pongono particolare enfasi sul legame tra rumore emesso nel campo fluidodinamico e dinamica evolutiva delle zone di vapore indotte dalla presenza di cavitazione. Il confronto con i risultati sperimentali è di fondamentale importanza, visto che la fenomenologia associata all’insorgere della cavitazione richiede una validazione ad ampio spettro per verificare i limiti di applicabilità di tali modelli.

I modelli idroacustici innovativi sopracitati sono stati quindi confrontati con quelli basati su approcci classici in cui il solutore BEM per eliche cavitanti in flusso non-uniforme è applicato al caso di configurazioni elica/timone/carena. Nello specifico, per il calcolo delle pressioni indotte dall’elica sulla carena, la configurazione in esame è stata semplificata prendendo in considerazione l’elica in flusso non-uniforme in presenza di un pannello piano rigido che schematizza la zona della volta di poppa sulla quale maggiore risulta essere l’effetto delle pressioni indotte. Il sistema elica/carena così schematizzato è stato analizzato mediante il solutore BEM per configurazioni complesse costituite da parti rotanti e parti fisse. Nota la soluzione non stazionaria sulla piastra indotta dalla presenza dell’elica in flusso non-uniforme (cavitante e non cavitante), la pressione sulla stessa è stata calcolata implementando un semplice accoppiamento dell’equazione di Bernoulli. Tale metodologia è stata confrontata con quella di natura idroacustica evidenziando pregi e difetti di ciascuna e consentendo di identificare alcuni aspetti teorici e numerici che richiedono ulteriore indagine e sviluppo. Infine, entrambe le metodologie sono state confrontate, in via preliminare, con risultati sperimentali disponibili presso l’Istituto. Tali confronti sono tutt’ora oggetto di analisi e valutazioni. Nel periodo in esame è stata inoltre approfondita la tematica della modellazione dei fenomeni di interazione fluido-struttura che caratterizzano i sistemi propulsivi navali tradizionali e innovativi.

Detto modello si basa sulla soluzione dell’equazione delle onde generalizzata e consente la determinazione del campo di pressione fluttuante sia sulla superficie della volta di poppa che nel campo circostante. Il modello è generale poiché si presta a trattare sia corpi rigidi che elastici. L’elasticità della struttura impattata dal campo di pressione emesso dal propulsore modifica il campo acustico radiato all’esterno e all’interno del corpo. Al fine di mettere a punto un modello in grado di controllare il rumore emesso all’interno del corpo, i modelli idroacustici sono stati accoppiati con un modello strutturale a guscio avente materiali piezoelettrici integrati. In particolare si è modellato un guscio smart controllato mediante tecniche LQR per l’attenuazione del rumore interno. Detto modello è stato validato con dati di letteratura e verrà in futuro applicato per simulare il comportamento di una porzione della volta di poppa di una nave sollecitata dalle pressioni indotte dal propulsore.

Per i sistemi ad elica per la produzione di energia dalle correnti marine ed eoliche l'attività ha riguardato essenzialmente la validazione di strumenti per l'analisi degli effetti di interazione fluido-struttura. È proseguito lo sviluppo di un solutore BEM di ordine ridotto esplicitamente pensato per fornire i carichi idro/aerodinamici agenti sulle pale in funzione dei gradi di libertà elastici del sistema da accoppiare con un opportuno modello per la descrizione della dinamica strutturale dell'aero/idrogeneratore per l'analisi di stabilità aero/idroelastica, risposta a perturbazioni esterne (raffiche) nonché per la sintesi di leggi di controllo. Attualmente l'attività di ricerca su questa tematica riguarda soprattutto la validazione di tale solutore mediante risultati disponibili in letteratura. Per lo studio di metodologie previsionali delle prestazioni propulsive al vero sono stati effettuati studi relativi alle liste di merito delle carene per le previsioni sperimentali delle prestazioni propulsive delle navi al vero basati su analisi dimensionali e studi sistematici

L'attività svolta è documentata dai Rapporti INSEAN: 2009-030/ci, 2009-058/ci, 2009-059/ci, 2009-105/ci, 2009-107/ci, 2009-111/ci, 2009-117/pa.

Area 3: Sea-keeping e Manovrabilità

Obiettivi: Sono rappresentati dallo sviluppo delle tematiche di ricerca contenute nei seguenti 2 temi:

Tema 3.1. Tenuta al Mare dei Veicoli Marini

Tema 3.2. Manovrabilità dei Veicoli Marini

Attività svolta nel 2009: Nel corso del 2009 l'attività svolta ha riguardato i seguenti punti:

- a) Moti nave di grande ampiezza: studio del water entry e water exit delle zone prodiera e poppiera della carena.
- b) Studio dei fenomeni di imbarco d'acqua (green water)
- c) Impatto di onde su strutture marine
- d) Studio del fenomeno dell'allagamento
- e) Studio del fenomeno di sloshing in serbatoi di navi
- f) Manovrabilità in acqua calma ed in onda di scafi semidislocanti

L'attività di ricerca descritta in a), finalizzata allo sviluppo di una strategia domain-decomposition per la previsione dei moti di grande ampiezza che una nave può avere in mare formato, già iniziata negli anni precedenti, è proseguita attraverso l'estensione dell'algoritmo per condizioni di mare irregolare ed in presenza di una velocità di avanzamento della nave. Il modello teorico, basato sull'accoppiamento di una soluzione non lineare del problema del seakeeping, con un modello locale per il problema dell'impatto ha consentito di studiare fenomeni complessi e fortemente non lineari quali quelli che possono accadere in presenza di interazione violenta con sistemi ondosi incidenti. Al fine di consentire una opportuna validazione del solutore è stata eseguita una opportuna campagna sperimentale in mare irregolare in cui sono stati misurati i carichi dovuti all'impatto, oltre che i moti e la resistenza aggiunta.

Per quanto riguarda il punto b), il solutore descritto in a) è stato ulteriormente arricchito, all'interno della strategia domain-decomposition utilizzata, con un modello locale 'shallow-water' per lo studio dell'evoluzione dell'acqua sul ponte durante i fenomeni di imbarco di acqua. Anche in tal caso il solutore è stato validato attraverso il confronto con dati sperimentali condotti in mare irregolare ed in presenza di una velocità di avanzamento dello scafo.

Per quanto riguarda il punto c) è proseguita l'analisi dei dati della campagna sperimentale

condotta all'interno di un contenitore di sloshing, parzialmente riempito di acqua e forzato a muoversi con moto oscillatorio, al variare della pressione interna al contenitore stesso. In tal modo si è voluto studiare il ruolo del numero di Eulero e del numero di Cavitazione durante l'evoluzione dell'impatto di un'onda frangente contro una parete verticale. L'analisi cinematica, condotta nello scorso anno, è stata completata dall'analisi dinamica relativa ai sensori di pressione posti su una delle pareti verticali del contenitore.

Lo studio del fenomeno dell'allagamento (punto d), è stato condotto attraverso l'esecuzione di una campagna sperimentale condotta al bacino 2 su un modello di nave da crociera, in condizioni di mare al traverso ed in assenza di velocità di avanzamento. Sono stati investigati i transitori che seguono l'immediata apertura della falla ed il raggiungimento della fase di regime. A tal proposito la falla è stata riprodotta utilizzando degli opportuni fori sulla carena ed utilizzando dei palloncini per riprodurre l'apertura istantanea della falla stessa. Sono state misurate le forze laterali agenti sul modello ed i moti del modello stesso, oltre che l'evoluzione dell'onda all'interno del compartimento allagato.

Per quanto riguarda il punto e) è proseguita l'attività di sviluppo di un modello SPH-3D per lo studio del fenomeno di sloshing all'interno di contenitori di navi. Inoltre sono stati sviluppati opportuni algoritmi per l'identificazione della superficie libera e quindi per un opportuno trattamento della grosse mole di dati (che uno studio 3D impone) in fase di post-processing.

Infine per quanto riguarda il punto e), è proseguita l'analisi dei dati della campagna sperimentale di manovrabilità (attraverso il meccanismo del PMM) su un modello di nave semidislocante, condotta lo scorso anno in acqua calma ed in presenza di sistemi ondosi impulsivi. Particolare attenzione è stata dedicata alla correlazione del moto di rollio con le forze laterali indotte sul modello in deriva.

L'attività svolta è documentata dai Rapporti INSEAN: 2008-092/pp, 2009-013/pi, 2009-015/pi, 2009-039/ci, 2009-042/ci, 2009-43/pa, 2009-044/pa, 2009-045/pa, 2009-046/pa, 2009-047/ci, 2009-048/pa, 2009-049/ci, 2009-050/pa, 2009-052/ci, 2009-053/ci, 2009-054/cn, 2009-055/ci, 2009-073/pi, 2009-074/pa, 2009-075/rt, 2009-084/rt, 2009-087/rt, 2009-096/ci, 2009-128/pi.

Area 4: Vibrazioni e Rumore

Obiettivi: Sono rappresentati dallo sviluppo delle tematiche di ricerca contenute nei seguenti 7 temi:

- Tema 4.1. Studio del comportamento idroelastico di strutture navali
- Tema 4.2. Analisi del fenomeno delle vibrazioni indotte dal rilascio di vortici sui risers
- Tema 4.3. Metodologie di analisi di sistemi navali complessi
- Tema 4.4. Studio di mezzi navali non convenzionali
- Tema 4.5. Analisi vibro-acustica di strutture navali
- Tema 4.6. Simulazione del rumore generato da apparati propulsivi
- Tema 4.7. Modelli per applicazioni di acustica subacquea

Attività svolta nel 2009: Nell'ambito del Tema 4.1 è stato studiato il problema della determinazione della statistica degli impatti che riveste un'importanza notevole al fine della previsione della vita a fatica della struttura. A tal proposito è stato ulteriormente perfezionato un metodo di analisi dei moti nave relativi all'acqua al fine di effettuare il conteggio degli impatti secondo il cosiddetto criterio cinematico, che subordina l'identificazione di un impatto significativo dal punto di vista strutturale al fatto che esso sia sufficientemente violento. In tale conteggio, si sono classificati gli impatti secondo differenti categorie, al fine di includere anche quei fenomeni di rientro violento senza fuoriuscita noti come *flare slamming*. Inoltre, sono state messe in relazione tra di loro tre grandezze: la frequenza degli impatti, la loro

intensità e l'effetto da essi prodotto in termini di energia assorbita nei moti di *whipping*. Tali analisi hanno riguardato, comparativamente, eventi di *slamming* sia a prua che a poppa, al fine di evidenziare meglio, per differenza, le caratteristiche di ciascuno.

Inoltre, è stato inoltre sviluppato un modello ad elementi finiti di una imbarcazione da diporto al quale è stato applicato un carico di *slamming* calcolato su una superficie equivalente a cuneo. Il calcolo della forza di *slamming* si è basato su modelli predittivi statistici del moto dell'imbarcazione da diporto e i dati relativi alla verifica di robustezza delle strutture in composito hanno permesso di valutare la bontà della modellazione strutturale compiuta sull'imbarcazione da diporto.

I metodi di identificazione strutturale sviluppati nel corso degli ultimi anni sono stati estesi alle strutture bidimensionali, che sono state studiate sia in condizione asciutta che bagnata. In tale modo, alcune specificità di tali procedure di identificazione pertinenti alla topologia della struttura considerata sono state messe in evidenza. A tal proposito, sono stati condotti sia simulazioni numeriche che esperimenti con differenti condizioni al contorno. Inoltre, è stato implementato un ulteriore affinamento della tecnica della *proper orthogonal decomposition* nota come *unsymmetric proper orthogonal decomposition*, che consente fornendo delle informazioni non solo sugli spostamenti ma anche sulle velocità ed accelerazioni ottenute numericamente di ottenere direttamente frequenze e deformate modali dei modi di vibrazione; attraverso tale tecnica, è possibile inoltre studiare sistemi ad elevato smorzamento e con modi complessi.

Sulla base di misure effettuate su diversi modelli di carena, in diverse sezioni e per diverse velocità sono stati sviluppati dei modelli predittivi per la rappresentazione degli spettri di pressione fluttuante in condizioni di strato limite stazionario ed assenza di gradienti di pressione. La bontà dei modelli teorici è stata indirettamente validata attraverso la comparazione della risposta misurata di semplici elementi elastici (piastre) con quella simulata utilizzando come carico quello modellato.

Per l'analisi numerica della risposta vibro-acustica di strutture navali sono stati sviluppati modelli agli elementi finiti per il calcolo della risposta strutturale e modelli agli elementi di contorno per il calcolo della pressione acustica all'interno di cavità. Questi modelli possono essere utilizzati per l'analisi a bassa frequenza ovvero quando le lunghezze d'onda in gioco non sono molto più piccole delle dimensioni caratteristiche del problema. Per l'analisi ad alta frequenza invece, per limitare il carico computazionale, sono stati sviluppati modelli statistici energetici sia per il calcolo della risposta strutturale sia per il calcolo della pressione di cavità. In particolare, utilizzando la Statistical Energy Analysis (SEA), la risposta vibro-acustica di una porzione di scafo eccitata dallo strato limite turbolento è espressa non più in termini di grandezze puntuali (spostamenti e pressioni) ma tramite le energie medie dei sottosistemi in cui è stato diviso il sistema originario sulla base di proprietà di omogeneità di tipo geometrico o fisico. I risultati ottenuti utilizzando i diversi modelli di analisi sono stati validati attraverso il confronto con dati sperimentali acquisiti durante una campagna di misura effettuata nei bacini rettilinei dell'INSEAN.

Lo studio delle vie di trasmissione delle vibrazioni generate da carichi deterministici e stocastici distribuiti è stato affrontato attraverso l'analisi del flusso di potenza. Questa tecnica di analisi è di solito applicata in presenza di carichi concentrati e permette di identificare le sorgenti ed i pozzi dell'energia vibrazionale. Il calcolo del vettore intensità strutturale è stato effettuato a partire da dati sperimentali e numerici relativi alla risposta di strutture elastiche a carichi di pressione fluttuante generati dal propulsore e dallo strato limite turbolento.

Per quanto riguarda le applicazioni di acustica subacquea, si è concentrata l'attenzione su due aspetti. Il primo è lo sviluppo di strumenti di calcolo che consentono di simulare numericamente le prestazioni di un *sonar*. Si tratta di costruire una competenza in un settore in cui le conoscenze sono piuttosto stabili. Tuttavia si può, a più livelli, intervenire per affinare le caratteristiche di questi modelli, con finalità diverse. Nel caso un nuovo modello di *sonar*, l'obiettivo può essere quello di ottimizzare il progetto in vista dell'impiego in un

determinato ambiente marino. In questo senso, si è sviluppato un sistema in grado di acquisire e processare dati ambientali (caratteristiche della superficie e del fondale marino, coefficienti di assorbimento, velocità del suono) e dati acustici di base (caratteristiche di propagazione e dispersione, rumore di fondo, ecc.) relativi a condizioni diverse. Il secondo aspetto è quello della tomografia acustica. Sono stati sviluppati modelli per la soluzione del problema diretto e del problema inverso. Il primo consiste nella previsione dettagliata delle caratteristiche del segnale rilevato da un osservatore, date le caratteristiche della sorgente ed alcune proprietà del mezzo acustico (si risolve in questo caso un'equazione delle onde). Il secondo, di grande interesse in oceanografia, consiste nella determinazione delle proprietà del mezzo, date le caratteristiche dei segnali trasmesso e ricevuto.

L'attività svolta è documentata dai Rapporti INSEAN: 2007-085/pp, 2007-096/pp, 2009-083/ci, 2009-094/ci, 2009-102/rt, 2009-104/rt, 2009-121/ci, 2009-122/ci, 2009-123/ci.

Area 5: Modelli e Metodi di Calcolo per Flussi Turbolenti

Obiettivi: Sono rappresentati dallo sviluppo delle tematiche di ricerca contenute nei seguenti 2 temi:

Tema 5.1. Metodi numerici per la simulazione di flussi di interesse navale

Tema 5.2. Modelli matematici per flussi di interesse navale

Attività svolta nel 2009: È stata proseguita l'analisi, già in corso dagli anni precedenti, delle tecniche per la simulazione dei flussi a superficie libera, con particolare attenzione ai flussi bifase, quelli cioè in cui si tiene conto in maniera accurata dell'azione della fase aria sulla fase acqua. A tal fine sono state le medesime tecniche tipo level-set, che rientrano nella categoria delle metodologie tipo "surface capturing" di cui si fornisce una sommaria descrizione. Nei metodi tipo "level-set", la superficie di separazione fra aria e acqua è descritta in maniera implicita dal livello zero di una funzione definita su una varietà di dimensione maggiore di quanto necessario (e cioè 3 dimensioni invece di 2 in R^3 , 2 invece di 1 in R^2). Come nel caso dei flussi monofase, tale formulazione, sebbene risulti più onerosa di una in cui si descrive soltanto l'evoluzione di una superficie come nelle tecniche "surface fitting", è molto vantaggiosa per la simulazione di flussi in cui ci siano cambiamenti topologici dell'interfaccia fra le fasi (p.es. rottura dell'onda e formazione di bolle d'aria nella fase acqua) o moto relativo dei reticoli, perché non c'è bisogno di adattare le linee coordinate del reticolo alla forma istantanea della superficie libera. La qualità del reticolo in termini di ortogonalità e rapporto di espansione (di fondamentale importanza nel determinare l'accuratezza della soluzione numerica) può essere dunque controllata in maniera indipendente dall'evoluzione della frontiera fra aria e acqua.

La differenza sostanziale rispetto alla formulazione monofase sviluppata negli anni precedenti consiste nel tipo di condizioni al contorno che vengono imposte all'interfaccia: in questo caso, infatti, si impone la continuità degli sforzi (o un salto pari all'azione esercitata dalla tensione superficiale nel caso in cui si consideri la presenza di questo effetto) e degli spostamenti fra le due fasi, potendo di conseguenza simulare, per esempio, fenomeni quali l'azione del vento o l'intrappolamento dell'aria sotto i frangenti.

Per quanto riguarda la soluzione delle equazioni nel campo, è stata applicata una tecnica tipo Ghost-Fluid Method, mediante la quale si riescono a trattare flussi in presenza di fluidi che hanno un rapporto di densità comunque elevato, senza introdurre artificiali transizioni fra le fasi (al contrario di quanto avviene nei metodi tradizionali tipo Level-Set); in tale maniera si migliora l'accuratezza delle simulazioni per quanto riguarda la risoluzione locale in prossimità della superficie libera. Al fine di verificare le tecniche sviluppate, sono state ripetute le classiche simulazioni di flussi a superficie libera in presenza di frangenti, quali la

rottura di una diga e la caduta di una goccia di fluido su una superficie libera inizialmente in quiete.

Inoltre, al fine di migliorare l'accuratezza della formulazione, è stata sviluppata ed implementata una tecnica che accoppia i metodi suddetti con una metodologia che segue l'evoluzione delle caratteristiche tensoriali della superficie libera in modo lagrangiano. Si riesce, in tal maniera, a eliminare la dissipazione numerica associata alla discretizzazione spaziale e si possono descrivere in maniera molto accurata le caratteristiche topologiche del fronte anche in presenza di griglie di calcolo sottostanti molto rade. Quanto detto è possibile perché la soluzione degli elementi tensoriali sulla superficie viene fatta mediante l'utilizzo di una "nuvola" non strutturata di particelle materiali che vengono trasportate con il flusso e che evolvono in maniera indipendente l'una dall'altra, e pertanto l'accuratezza della simulazione viene a dipendere soltanto dall'accuratezza dell'integrazione temporale.

È stato infine avviato lo studio dei modelli matematici necessari per la simulazione della cavitazione intorno ai propulsori navale; in particolare sono stati analizzati modelli di tipo barotropico (in cui cioè si considera un unico fluido la cui transizione di fase avviene in conseguenza della sola pressione locale nel flusso) e modelli di tipo multifase (in cui cioè si modella direttamente l'evoluzione della frazione di massa in termini di vapore d'acqua mediante una equazione di trasporto, in cui sono presenti termini di produzione e distruzione dipendenti dalle condizioni istantanee del flusso). Tali modelli verranno inseriti nel solutore di Navier-Stokes già sviluppato nel corso degli anni passati e mediante il quale nel corso del presente anno sono state già effettuate simulazioni di flussi intorno ad eliche, sia in flusso libero che a valle di una carena dotata di appendici. Tali simulazioni sono state possibile grazie all'applicazione delle tecniche tipo chimera, sviluppate negli anni precedenti per problemi intorno a geometrie complesse in cui la frontiera varia nel tempo. I risultati numerici per queste simulazioni sono stati verificati e convalidati nel corso del presente anno.

L'attività svolta è documentata dai Rapporti INSEAN: 2008-093/pp, 2009-010/ci, 2009-089/ci, 2009-090/ci, 2009-091/ci, 2009-092/ci, 2009-093/rt, 2009-094/rt, 2009-095/rt.

Programma N. 2 PROGRAMMA DI RICERCA SUL TRASPORTO MARITTIMO SICURO – ANNO 2009

Obiettivo generale del Progetto è lo sviluppo di nuove metodologie di calcolo e sperimentali mirati al conseguimento di:

- Riduzione dei fattori di rischio di sinistri marittimi attraverso processi e modalità di costruzione di mezzi navali caratterizzati da elementi innovativi
- Riduzione dei rischi per la nave e per le persone derivanti dalla gestione della sicurezza della navigazione e della security a bordo
- Riduzione dei rischi per la nave ed il personale navigante correlati all'organizzazione ed alle nuove modalità delle prestazioni lavorative

Attività svolta:

Relativamente al primo punto sono state svolte le seguenti attività:

Nell'ambito dello studio e dell'ottimizzazione della compartimentazione delle navi, è stata affrontata preliminarmente la questione di definire correttamente il problema di ricerca dell'ottimo. Infatti, la ricerca della configurazione ottimale della compartimentazione è caratterizzata dalla presenza di variabili discrete (come il numero dei compartimenti) che determinano a loro volta il numero delle variabili continue (come i parametri di forma del singolo compartimento). Pertanto, sono state individuate tecniche di soluzioni ad hoc, i cui algoritmi devono essere preliminarmente.

Per quanto concerne il problema dell'ottimizzazione di forma delle appendici con vincoli strutturali, due sono state le linee di sviluppo dell'efficienza degli algoritmi utilizzati: l'introduzione di tecniche di *surrogate modelling* ovvero di modellazioni semplificate dei fenomeni in oggetto, il cui livello di accuratezza nel calcolo della funzione obiettivo è costantemente valutabile, e la combinazioni di approcci differenti, in termini di velocità e capacità di ricerca dell'ottimo, che consentono un miglioramento significativo delle prestazioni complessive dell'algoritmo globale.

Relativamente al secondo punto sono state svolte le seguenti attività:

Con riguardo allo studio della nave danneggiata, sono stati studiati i problemi della idrodinamica esterna ed interna che caratterizzano il comportamento della nave in queste condizioni. Al fine di approfondire la valutazione della capacità previsionale dei codici di *slamming* e *water entry* basati sulle equazioni di Navier-Stokes, è stata messa a punto e svolta una campagna sperimentale relativa all'impatto di sezioni cilindriche, registrando tutte le grandezze di interesse nello studio del fenomeno in oggetto utili ad un confronto con le previsioni teoriche. È stato inoltre studiato l'impatto di corpi di forma generica (in particolare assial-simmetrici) mediante formulazioni semi-analitiche, che consentono di descrivere in modo robusto e accurato la fase iniziale dell'impatto e, successivamente, di effettuare un'analisi parametrica dell'importanza dei diversi fattori di forma del corpo sulle caratteristiche del flusso e del carico sostenuto.

Per quanto concerne l'idrodinamica interna, è stato ulteriormente affinato l'approccio numerico basato sulla formulazione SPH mentre, dal punto di vista sperimentale, lo studio del fenomeno di allagamento, già intrapreso precedentemente ma limitatamente al transitorio iniziale, è stato esteso all'analisi della fase di regime, stabilendo una correlazione tra moti, forze e imbarco d'acqua.

Relativamente al terzo punto sono state svolte le seguenti attività:

Nell'ambito dello studio dei livelli di vibrazione percepiti dal personale navigante, l'attività di ricerca è stata articolata secondo due linee di analisi fondamentali: una ricognizione generale del problema, finalizzata al determinare tutti gli elementi della filiera di relazioni causa-effetto, e un'analisi di dettaglio, su un caso campione significativo, che illustri un possibile approccio teorico-numerico al problema di determinare la risposta dell'apparato muscolo-scheletrico esposto alle vibrazioni.

Relativamente al primo punto, lo studio del problema della correlazione tra causa ed effetto nelle malattie professionali è stato trattato tradizionalmente con un approccio di natura epidemiologica. L'approccio razionale, cui sono finalizzate le metodologie sviluppate in questa parte del programma, ha invece come obiettivo quello di indagare la catena di relazioni di causa ed effetto intermedie tra vita e malattia professionale allo scopo di precisare in termini più stringenti sia le cause che i livelli di esposizione alle stesse. Come esempio pilota di applicazione di questo approccio razionale, è stata modellata la struttura di una barca a vela e creato un semplice modello a parametri concentrati dell'apparato muscolo-scheletrico di una persona a bordo, al fine di studiare il problema di risposta di tale apparato agli impatti della prua del mezzo sull'onda. Nell'idea di estendere tale approccio a casi reali, nei quali forze e strutture devono essere identificate per fornire gli elementi della catena trasmissiva delle vibrazioni, è proseguito lo sviluppo delle tecniche sperimentali di identificazione estendendole ad elementi strutturali bidimensionali.

L'attività svolta è documentata dai Rapporti INSEAN: 2007-029/pp, 2007-030/pp, 2007-072/pp, 2008-092/pp, 2009-006/ci, 2009-012/ci, 2009-026/rt, 2009-031/rt, 2009-032/rt, 2009-039/ci, 2009-043/pa, 2009-046/pa, 2009-047/ci, 2009-048/pp, 2009-050/pa, 2009-052/ci, 2009-053/ci, 2009-055/ci, 2009-070/rt, 2009-071/rt, 2009-074/pa, 2009-075/rt, 2009-084/rt, 2009-103/rt, 2009-120/ci, 2009-128/pi.

Progetti di ricerca cofinanziati

Progetto N. 1 VIRTUE “The Virtual Tank Utility in Europe”

Obiettivi: Progetto internazionale per la realizzazione di una vasca navale virtuale, dove le sperimentazioni sono simulate tramite modelli matematici. Il progetto è costituito dall'integrazione di quattro sottoprogetti: il virtual towing tank, il virtual maneuvering basin, il virtual sea keeping tank, il virtual cavitation lab. L'INSEAN è impegnata nel virtual cavitation lab.

Organismi finanziatori: Unione Europea; *Durata:* 48 mesi; *Data di inizio:* 1.01.2005. Nel corso del 2008 è stata accordata dall'UE l'estensione del progetto fino al 31/05/2009.

Attività svolta nel 2009: Nel 2009 il progetto è terminato e tutte le attività previste sono state concluse. In particolare, sono state completate le attività di validazione del modello computazionale basato su tecnica BEM per la previsione della cavitazione su eliche navali in flusso uniforme e non uniforme. L'attività di fine periodo ha riguardato le previsioni di rumore indotto nel campo e di fluttuazioni di pressione sulla volta di poppa. Le applicazioni numeriche hanno dimostrato la validità dell'approccio computazionale basato sulla tecnica BEM proposta dall'INSEAN. Il modello BEM è stato quindi impiegato in uno studio di ottimizzazione di forma di un'elica navale in presenza di vincoli riguardanti la cavitazione, il rischio di erosione ed il rumore indotto. L'attività è stata condotta in collaborazione con l'Università dello Strathclyde (Regno Unito). Inoltre, è stato completato lo sviluppo di un modello ibrido RANS/BEM per la simulazione del sistema elica-carena. In particolare, l'interfaccia sviluppata dall'INSEAN è stata applicata per integrare il codice BEM per lo studio delle eliche sviluppato all'INSEAN con il codice RANS per lo studio del flusso attorno carene sviluppato all'Ecole Centrale de Nantes. I risultati numerici ottenuti con il solutore ibrido RANS/BEM sono stati validati studiando il caso di una nave portacontainer monoelica. Il confronto dei risultati con i dati sperimentali disponibili hanno mostrato la capacità del modello di prevedere in modo accurato gli effetti dell'interazione elica-carena sia su scala modello che al vero.

I suddetti modelli numerici sono stati quindi implementati nella piattaforma di integrazione del software VIRTUE nota come VIP (Virtual Integration Platform).

L'INSEAN ha infine contribuito alla redazione del documento denominato 'Best Practice Guidelines' voluto dalla Commissione Europea per sintetizzare e rendere fruibili alla comunità tecnico/scientifica le principali conclusioni delle attività di ricerca e sviluppo portate a termine con successo nell'ambito del progetto.

L'attività svolta è documentata dai Rapporti INSEAN: 2009-061/ci, 2009-062/ci, 2009-078/rt, 2009-079/rt, 2009-081/rt, 2009-082/rt; 2009-127/rt.

Progetto N. 2 ViSIR

Obiettivi: Studio, con simulazioni numeriche e sperimentali, delle interazioni tra due navi durante una manovra di rifornimento in mare (Replenishment At Sea) e tra mezzo da sbarco e nave “madre” nelle fasi di entrata ed uscita del mezzo dal bacino della nave (Operation of a Landing Craft in the Dock of an LPD) così da sviluppare una metodologia numerica previsionale che consenta di verificare, già in fase di progetto, l'operatività dei mezzi navali in questi delicati momenti operativi.

Organismi finanziatori: Marina Militare Italiana; *Durata:* 36 mesi; *Data di inizio:* 17.10. 2005. La data di ultimazione è stata prorogata al 18.03.2009.

Attività svolta nel 2009: Al fine della determinazione di un modello semplificato per la simulazione *real time* delle interazioni tra due navi durante la fase di rifornimento in mare ondoso, è stato derivato un meta modello sulla base dei risultati delle prove sperimentali effettuate in mare ondoso per due navi che si muovono su rotte parallele a velocità costante ed uguale tra loro. Sono stati inoltre analizzati i risultati delle prove sperimentali per l'unità LCU all'interno del bacino dell'unità LPD sia nel caso di unità LPD ferma sia in movimento, nonché le prove di *sloshing* 3D.

L'attività svolta è documentata dai Rapporti INSEAN: 2009-003/rt, 2009-007/ci, 2009-008/rt, 2009-009/rt, 2009-034/pp, 2009-035/pp, 2009-036/pp.

Progetto N. 3 MOBIPROP “Simulation of unsteady high Reynolds number flows around ship hulls with moving appendages and propeller”

Obiettivi: Sviluppo di algoritmi per la simulazione e lo studio del flusso intorno a carene di navi con elica ed appendici in movimento, mediante soluzione numerica delle equazioni di Navier-Stokes mediate alla Reynolds. Studio del problema di accoppiamento elica-carena, analisi dei carichi indotti sulle strutture, analisi della traiettoria della nave indotta dal movimento degli organi di governo.

Organismi finanziatori: Marina Militare Italiana; *Durata:* 36 mesi; *Data di inizio:* 15.02.2006.

Attività svolta nel 2009: Confronto dei risultati numerici ottenuti tramite il codice di calcolo sviluppato nel corso del progetto con i risultati sperimentali prodotti parimenti nel corso del progetto. In particolare il confronto è stato condotto per un profilo oscillante senza e con effetti di superficie libera e per il flusso attorno ad un'elica in rotazione dietro carena.

L'attività svolta è documentata dai Rapporti INSEAN: 2009-002/rt, 2009-010/ci

Progetto N. 4 6DOF RANSE II/MOU

Obiettivi: Una nave in mare formato può essere soggetta a moti di grande ampiezza che inducono elevate sollecitazioni strutturali e, in condizioni estreme, possono portare anche al capovolgimento della stessa. Il progetto intende rimediare ad una carenza del “mercato” rendendo disponibili strumenti di calcolo affidabili per la previsione del campo fluidodinamico e, conseguentemente, dei relativi carichi idrodinamici locali e globali agenti sullo scafo.

Organismi finanziatori: Marina Militare Italiana; *Durata:* 34 mesi; *Data di inizio:* 29.06.2006.

Attività svolta nel 2009: È proseguita e conclusa l'attività di validazione del modello numerico URANSE, sviluppato in Istituto, per la previsione del moto di rollio di una nave che avanza in acqua calma. Particolare enfasi è stato dato al confronto con i dati sperimentali di due opportune campagne sperimentali, una al vero sulla nave Bettica ed una in bacino su di un modello in scala della stessa nave. Per quanto riguarda le prove al vero, la disponibilità di dati

sperimentali relativi alla misura PIV del campo fluidodinamico intorno alle alette antirollio della nave, ha consentito di comprendere il processo di convezione e diffusione che caratterizza l'evoluzione della vorticità rilasciata dall'aletta stessa.

L'attività svolta è documentata dai Rapporti INSEAN: 2009-006/ci, 2009-012/ci, 2009-057/rt, 2009-088/ci, 2009-090/ci, 2009-091/ci, 2009-120/ci, 2009-126/ci.

Progetto N. 5 SiReNa-Prop “Acoustic/Optical Signature Reduction of Naval Propulsors”

Obiettivi: Il progetto, articolato nei quattro temi: A) Identificazione delle sorgenti idrodinamiche di rumore, B) segnatura ottica della scia di bolle, C) modellazione idro-acustica e sua caratterizzazione, D) modellazione elasto-acustica, ha come obiettivo lo sviluppo e la validazione di modelli teorici e strumenti computazionali per l'analisi della segnatura acustica ed ottica di eliche navali.

Organismi finanziatori: Marina Militare Italiana; *Durata:* 36 mesi; *Data di inizio:* 27.07.2006. Per causa sospensiva, la data di chiusura è stata posticipata al 07.08.2010.

Attività svolta nel 2009: Per quanto riguarda il lotto A, è stato realizzato il timone strumentato che consentirà di realizzare le misure di pressione lungo le superficie dorsale e ventrale in flusso all'elica. Il timone è stato installato al tunnel di cavitazione del CEIMM. Per quanto riguarda il lotto B, è stato allestito in canale di circolazione una carena con sistema propulsivo completo. La carena è stata strumentata con sensori di pressione, accelerometri e idrofoni, i quali hanno permesso di effettuare misure simultanee del rumore irradiato, sulla volta di poppa e nel campo lontano. La campagna di misura ha consistito nella misura del campo di pressione e rumore per uno largo spettro di condizioni di flusso, da condizioni non cavitanti a condizioni supercavitanti. Inoltre sono state realizzate visualizzazioni ad alta risoluzione dell'estensione di cavitazione sulle pale dell'elica. Per quanto riguarda l'attività numerica prevista nel lotto C, il modello teorico agli elementi di contorno, sviluppato in fasi precedenti per l'analisi idrodinamica di un'elica isolata posta in una corrente non-uniforme assegnata e completato di un modulo per la previsione della cavitazione non-stazionaria sulla superficie delle pale e di un modello idroacustico, è stato ulteriormente esteso all'analisi dell'interazione tra l'elica ed il timone in presenza della volta di poppa della carena, con particolare riguardo allo sviluppo di un modello di interazione tra la scia dell'elica ed il timone. Tale modello è stato validato con i dati sperimentali provenienti dal lotto B realizzati in precedenza. L'attività del Lotto C è stata completata e consegnata alla MMI, secondo la procedura prevista dal Piano di Qualità. Per quanto riguarda il lotto D, è stata sviluppata una procedura sperimentale e numerica per la caratterizzazione delle vie di trasmissione delle vibrazione dell'asse porta-elica in acqua, ed è stata definita e realizzata una struttura elastica rappresentativa della volta di poppa, per la misura della deformazione elastica indotta dal campo di pressione fluttuante generato dall'elica. Una campagna di misura è stata realizzata sulla stessa geometria di carena usata nel lotto B. L'attività del Lotto D è stata completata e consegnata alla MMI, secondo la procedura prevista dal Piano di Qualità.

L'attività svolta è documentata dai Rapporti INSEAN: 2009-064/rt, 2009-065/rt, 2009-067/rt, 2009-068/rt.

Progetto N. 6 HTA “Hydro Testing Alliance”

Obiettivi: Miglioramento della qualità e dell'efficienza della sperimentazione in