

Tema 4.3: Analisi idroacustica di veicoli marini:

Obiettivi: Sviluppo di un codice completamente accoppiato (*Navier-Stokes / Ffowcs Williams-Hawkings*) per l'analisi idroacustica.

Attività svolta nel 2010: Lo studio inerente le simulazioni numeriche per l'analisi idroacustica di un'elica marina è stato sviluppato perseguendo due obiettivi primari. Il primo: definire il ruolo dei diversi termini sorgente nella generazione del campo acustico subacqueo. Il secondo: verificare le potenzialità e l'efficacia dell'analogia acustica nella predizione numerica del campo stesso. A tali fini, la soluzione dell'equazione di Ffowcs Williams-Hawkings è stata implementata con un calcolo diretto dei vari termini sorgente (incluso il cosiddetto *quadrupole noise* e gli integrali 3D ad esso correlati) e, nel contempo, con la cosiddetta *formulazione porosa*, sfruttando la disponibilità di un codice RANSE non stazionario per il necessario input idrodinamico.

Le simulazioni sono state effettuate sia su un'elica isolata (condizioni di *open water*) che su una configurazione completa (*mounted propeller*), e in entrambi i casi sembrano evidenziare una profonda differenza nel comportamento acustico di tale componente rispetto ad analoghi propulsori utilizzati in ambito aeronautico (propeller e rotori d'elicottero). A differenza di questi ultimi, infatti, per i quali il rumore è determinato in larga misura dalla forma del corpo e dal corrispondente carico aerodinamico (almeno fino a regimi di velocità lontani da valori transonici), il comportamento idroacustico di un'elica marina sembra essere fortemente caratterizzato dai campi di vorticità e turbolenza generati dal corpo stesso. In particolare, un ruolo fondamentale sembra essere giocato dai vortici rilasciati alle estremità palari (*tip vortex*) e dai notevoli gradienti di velocità che si creano nella zona immediatamente a valle del propulsore. L'attuale mancanza di adeguati dati sperimentali non consente una validazione completa ed esaustiva delle simulazioni numeriche condotte sinora. Tuttavia, il notevole accordo tra i segnali acustici calcolati tramite la *formulazione porosa* ed i corrispondenti segnali di pressione ottenuti dal codice RANSE in zone limitrofe al propulsore, suggeriscono una ragionevole attendibilità dei risultati ottenuti.

Nell'immediato futuro le suddette simulazioni verranno riproposte su eliche isolate, differenziando il più possibile le configurazioni in esame (sia negli aspetti puramente costruttivi, come il numero e/o la geometria delle pale, che in quelli fluidodinamici, come l'inflow e/o i rapporti di avanzamento), allo scopo di generalizzare i risultati ottenuti e verificarne (seppure in via puramente numerica) la veridicità.

Tema 4.4: Modelli per applicazioni di acustica subacquea:

Obiettivi: Analisi comparativa di modelli per la previsione delle prestazioni di sonar, con applicazioni a problemi di classificazione di fondali.

Attività svolta nel 2010: Sono stati acquisiti alcuni codici della biblioteca pubblica *World Ocean Simulation System* (WOSS) e utilizzati per riprodurre risultati di propagazione acustica da sorgenti elementari, come prima sperimentazione per l'accoppiamento con procedure di simulazione acustica descritte al tema 4.4.

L'attività svolta nell'ambito dell'Area 4 è documentata dai Rapporti INSEAN: 2010-001/pp, 2010-043/ci, 2010-100/ci, 2010-101/ci, 2010-102/ci

Area 5 – Modelli e Metodi di Calcolo per flussi turbolenti

Obiettivi: Sviluppo e convalida di strumenti di indagine numerica per la previsione del rumore idrodinamico irradiato da un'elica in rotazione dietro carena.

Attività svolta nel 2010: Sono stati implementati modelli numerici sia di eliche operanti in flusso libero che di eliche in rotazione dietro carene con appendici. Tutti i modelli sono stati realizzati sfruttando le tecniche di sovrapposizione dei reticoli già sviluppate in passato. I reticoli di calcolo così generati sono stati quindi utilizzati per la simulazione del flusso e del campo di pressione mediante il codice sviluppato presso l'INSEAN e denominato *χnavis*. Le simulazioni sono state dapprima convalidate mediante confronto delle forze (coppia e spinta) misurate su modelli fisici negli impianti sperimentali dell'INSEAN. Successivamente è stato svolto un accurato confronto fra i campi di velocità simulati con quelli misurati mediante tecniche PIV in vasca navale. Infine, i campi di pressione di superficie e di vorticità nel campo sono stati utilizzati per l'analisi del rumore sottomarino irradiato mediante un solutore acustico basato sulle equazioni di Ffowcs-Williams *Hawkings*, che include anche i termini non lineari di campo (tensore di Lighthill).

L'attività svolta nell'ambito dell'Area 5 è documentata dai Rapporti INSEAN: 2010-001/pp, 2010-004/ci, 2010-083/pi, 2010-093/pa

Progetti di ricerca cofinanziati

Progetto N. 1 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 2010: Per quanto riguarda il lotto A, è stato realizzato un generatore di scia, per simulare le condizioni a monte di un propulsore installato dietro ad una carena mono-elica. Tale apparato sperimentale è stato allestito presso il CEIMM, e la sua qualificazione idrodinamica effettuata con tecniche anemometriche LDV (Laser Doppler Velocimetry), tramite la misura delle scie triassiali nominale ed in presenza di elica. Inoltre, è stata fatta la qualificazione del campo di velocità intorno al sistema elica-timone, mediante misure anemometriche in fase. Si è quindi proceduto all'indagine sperimentale sull'interazione elica-timone attraverso l'analisi delle deformazioni e della traiettoria dei vortici d'estremità palari e del timone, mediante misure anemometriche in fase PIV (Particle Image Velocimetry). L'attività sperimentale successiva è consistita nella misura di velocità e pressione lungo un piano longitudinale diametrale della scia, lungo le superfici dorsale e ventrale del timone, e trasversalmente a monte e a valle del timone. Infine, è stata realizzata la misura in fase dell'estensione del pattern di cavitazione e del campo di pressione indotto sulla superficie del timone. L'attività del Lotto A è stata completata e rendicontata alla MMI, secondo la procedura prevista dal Piano di Qualità.

Per quanto riguarda il lotto B, sono state definite le caratteristiche tecniche di un strumento DDPIV (Defocusing Digital Particle Image Velocimetry), il quale consente la misura volumetrica delle 3 componenti della velocità, e la misura della dimensione e della distribuzione spaziale di bolle e nuclei. È stata fatta a questo proposito la calibrazione dello strumento sia per la misura della velocità che per le dimensioni di bolle. In seguito, è stato definito e realizzato un sistema per la generazione di bolle, in grado di realizzare un campo di bolle con dimensioni tra 50 e 500 micrometri. Quindi, si è proceduto allo studio al tunnel del CEIMM dell'interazione delle bolle col flusso dell'elica. Il sistema di generazione di bolle è stato in un primo tempo caratterizzato in flusso libero, in tal modo da determinare la distribuzione incidente sull'elica. In questo contesto, si è completata la campagna con lo studio dell'influenza della distribuzione incidente delle bolle sull'estensione della cavitazione e l'influenza reciproca sulla distribuzione delle bolle in scia dell'elica cavitante. In queste misure, sono stati realizzati rilevamenti dell'estensione della bolla di cavitazione mediante tecniche ottiche, concomitanti con misure del campo di pressione indotto dall'elica cavitante sulle pareti del tunnel e nella scia, mediante trasduttori di pressione ed idrofoni. Infine, si è allestito in canale di circolazione una carena con sistema propulsivo completo, col sistema di generazione di bolle montato a monte della carena. La distribuzione del campo di bolle generato da tale sistema è stata preventivamente caratterizzata. Il sistema DDPIV è stato allestito su un meccanismo di traslazione in tal modo da consentire il posizionamento del volume di misura lungo la carena. Il campo di velocità e la distribuzione delle bolle nella vicinanza dell'elica ed a valle del sistema propulsivo, sono stati rilevati. Infine, 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.

L'attività del Lotto B è stata completata e consegnata alla MMI, secondo la procedura prevista dal Piano di Qualità.

L'attività svolta è documentata dai Rapporti INSEAN: 2010-027/rt, 2010-028/rt, 2010-029/rt, 2010-046/rt, 2010-047/rt, 2010-048/rt, 2010-049/rt, 2010-091/rt

Progetto N. 2 HTA “Hydro Testing Alliance”

Obiettivi: Miglioramento della qualità e dell'efficienza della sperimentazione in idrodinamica navale mediante tecniche avanzate di tipo sia intrusivo che non intrusivo. Si procederà attraverso lo sviluppo di un piano europeo per l'uso sinergico delle competenze ed infrastrutture comuni per la sperimentazione idrodinamica e la realizzazione di una struttura permanente che promuova la cooperazione nel settore dell'idrodinamica sperimentale.

Organismi finanziatori: Unione Europea; *Durata:* 60 mesi; *Data di inizio:* 01.09.2006.

Attività svolta nel 2010: Le attività riguardano il Work Package 2 (WP2), del cui coordinamento l'INSEAN è responsabile, ed i Joint Research Programmes (JRPs) afferenti al suddetto WP2. Nel corso del 2010, le attività di coordinamento del WP2 sono state dedicate alla preparazione dei documenti di rendicontazione annuale, di due incontri con i revisori dell'Unione Europea per la verifica del buon andamento dell'iniziativa e all'emissione del documento di pianificazione di lungo termine, che riguarda le attività dei gruppi (JRPs) che resteranno operativi nel quinto anno e oltre (uno di questi, il JRP10, è partito proprio nel 2010). Le attività tecnico-scientifiche, svolte all'interno dei diversi JRPs, hanno avuto il carattere di benchmark e/o di proposta di soluzioni innovative, e sono riportate, per lo più, in documenti a stesura congiunta (con i partner dei rispettivi JRPs), e a circolazione ristretta (riservata agli stessi partner, agli altri membri del consorzio HTA, e ai valutatori della UE), oltre che in alcuni lavori presentati in diverse conferenze internazionali. Accanto all'attività tecnico-scientifica, è proseguito il programma di formazione con la II Summer School: organizzata congiuntamente – per conto del consorzio HTA – da Marintek e NTNU, ed aperta a partecipazioni esterne, si è tenuta a Trondheim dal 30 Agosto al 2 Settembre 2010.

L'attività svolta è documentata dai Rapporti INSEAN: 2009-117/pp, 2010-035/cn, 2010-044/rt, 2010-045/rt, 2010-051/rt

Progetto N. 3 PRIAMO “Propeller Rudder Interaction Analysis and MOdelling”

Obiettivi: Studio dell'interazione elica-timone e sviluppo di un modello potenziale per la caratterizzazione fluidodinamica, la predizione delle prestazioni e l'ottimizzazione di un timone operante nella scia di un'elica.

Organismi finanziatori: Marina Militare Italiana; *Durata:* 36 mesi (prorogato al 31/5/2011); *Data di inizio:* 5.04.2007.

Attività svolta nel 2010: L'attività di ricerca ha riguardato la realizzazione di un esperimento finalizzato alla caratterizzazione del flusso intorno ad una configurazione elica-timone operante in flusso libero e a valle di un generatore di scia. Nello specifico, sono state realizzate misure velocimetriche phase-locked con tecniche ottiche (i.e. misure PIV lungo tagli longitudinali della scia e LDV lungo piani trasversali), misure del campo di pressione sulla superficie del timone in varie condizioni operative (i.e. variazione dell'angolo di

deflessione del timone, variazione del coefficiente d'avanzo, variazione del coefficiente di cavitazione) e visualizzazioni time-resolved della cavitazione indotta. In dati sperimentali hanno chiarito i meccanismi che governano la dinamica delle strutture vorticose della scia dell'elica durante l'interazione con il timone e fornito un database per la validazione dei modelli di simulazione. Sulla base dei dati sperimentali e delle simulazioni con modelli BEM è stata definita una legge di svergolamento dei profili del timone che ne ottimizza le prestazioni.

L'attività svolta è documentata dai Rapporti INSEAN: 2010-022/rt, 2010-094/ci, 2010-096/ci, 2010-099/ci

Progetto N. 4 SONORE “SONar dome self-NOise REduction”

Obiettivi: Definizione di una procedura teorico-numeric-sperimentale per la caratterizzazione e la riduzione del rumore indotto sul sonar dallo strato limite turbolento.

Organismi finanziatori: Marina Militare Italiana; *Durata:* 36 mesi; *Data di inizio:* 12.05.2007.

Attività svolta nel 2010: È stata eseguita una campagna sperimentale finalizzata alla valutazione dell'efficacia di diversi materiali fonoassorbenti e antivibranti sulla riduzione del rumore indotto dall'eccitazione di strato limite turbolento.

L'attività svolta è documentata dai Rapporti INSEAN: 2010-025/rt, 2010-065/ci, 2010-068/ci

Progetto N. 5 DALIDA

Obiettivi: Sviluppo e convalida di strumenti di indagine sperimentale e numerica per la previsione del rumore idrodinamico irradiato e della scia a valle di carene di superficie.

Organismi finanziatori: European Defence Agency; *Durata:* 36 mesi; *Data di inizio:* 14.11.2007.

Attività svolta nel 2010: simulazioni numeriche del flusso attorno al modello della RV-Alliance a due velocità (12 e 18 nodi in scala al vero); il modello è in configurazione completa, la presenza dell'elica è considerata tramite un modello di disco attuatore. Misure di velocità tramite una tecnica LDV su un (mezzo) modello in scala nel canale di ricircolazione; due tipi di elica (normale e silenziosa) sono state considerate ad una velocità di free stream. Le misure sono state prese su cinque diversi piani trasversali. Misure di pressione sulla volta di poppa per diversi punti di funzionamento dell'elica. Misure di velocità con tecnica PIV presso il bacino rettilineo del DGA-Hydrodynamics (FR); sono state considerate due velocità di avanzamento, le misure sono state effettuate su diversi piani trasversali sia nel dominio vicino la carena e l'elica che nella scia. Analisi numerica del rumore irradiato nella configurazione completa elica-carena. Sviluppo del solutore SPH per geometrie e domini tridimensionali.

L'attività svolta è documentata dai Rapporti INSEAN: 2010-031/rt, 2010-032/rt, 2010-041/ci, 2010-055/rt, 2010-081/rt, 2010-070/rt, 2010-084/ci

Progetto N. 6 “Violent Water-Vessel Interactions and Related Structural Loads”

Obiettivi: Studio teorico-numerico e sperimentale del fenomeno di acqua sul ponte. Sviluppo di un modello tridimensionale basato sulla strategia domain decomposition per la previsione dei carichi locali e globali agenti sul ponte e sulle sovrastrutture della nave. Studio teorico-numerico e sperimentale del fenomeno di sloshing con particolare enfasi allo studio del fenomeno di intrappolamento di aria durante l’impatto di onde contro le pareti del contenitore. Sviluppo di un modello 3D-SPH per lo studio del fenomeno di sloshing.

Organismi finanziatori: Centre for Ships and Ocean Structures (CeSOS) – NTNU Norwegian University of Science and Technology; *Durata:* 60 mesi; *Data di inizio:* 1.01.2008.

Attività svolta nel 2010: È proseguita l’attività di sviluppo della metodologia numerica Domain-Decomposition 3D, basata sull’accoppiamento di un modello lineare di seakeeping (BEM) con un modello 3D Navier-Stokes (NS) Level-Set(LS) per lo studio dei moti di larga ampiezza di una nave e del fenomeno di imbarco di acqua. A tal fine è stato considerato il modello di un pattugliatore per il quale esiste un consolidato database relativo a misure globali e locali di fenomeni violenti di seakeeping.

Allo stato attuale, al fine di validare l’algoritmo di coupling degli algoritmi numerici, è stato studiato il problema lineare di radiazione e diffrazione. Particolare attenzione è stata dedicata alle condizioni al contorno che si scambiano i due algoritmi coinvolti, i.e. BEM e NS-LS. L’attività proseguirà quindi con la stima dei carichi.

Dal punto di vista sperimentale, è stata eseguita una campagna sperimentale in onda regolare su di un modello FPSO per la misura di grandezze locali e globali durante il fenomeno di water on deck. Oltre alla misura dei moti e della forza orizzontale, è stato misurato anche il momento flettente in mezzeria attraverso una apposita bilancia inserita tra due concii di carena. Al fine di comprendere l’evoluzione del fenomeno di imbarco di acqua, sono stati misurati i carichi locali sul ponte della carena oltre che i carichi di impatto sulla sovrastruttura. Due telecamere ad alta velocità hanno consentito di studiare l’evoluzione del fronte d’onda sul ponte.

È proseguita inoltre l’attività di integrazione delle diverse formulazioni del modello Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) nel solutore sviluppato all’INSEAN. In particolare il modello SPH è stato applicato per lo studio della propagazione di sistemi ondosi all’interno di un wavetank. In tal modo è stato possibile valutare le capacità del modello numerico a catturare le nonlinearità tipiche della propagazione ondosa, nonché l’influenza dei termini dissipativi presenti nel modello.

L’attività svolta è documentata dai Rapporti INSEAN: 2009-041/pp, 2010-006/ci, 2010-009/ci, 2010-010/ci, 2010-011/ci, 2010-012/ci, 2010-013/ci, 2010-014/ci, 2010-015/cn, 2010-016/ci, 2010-061/pp, 2010-063/pp, 2010-064/pp, 2010-072/pa, 2010-073/pa, 2010-085/ci, 2010-088/rt

Progetto N. 7 Sciame di imbarcazioni

Obiettivi: Realizzazione di un sistema di gestione automatica di un insieme di piccoli veicoli marini dotato di autonomia operativa. Queste unità dovranno essere in grado di muoversi in autonomia secondo una logica tipica degli sciame di insetti, ossia come entità unica ma dinamica al fine di compiere una missione. In particolare i veicoli che compongono lo sciame dovranno essere dotati di un sistema di guida autonomo e di un sistema intelligente

che dialogando con gli altri componenti riesca a risolvere problemi di ripianificazione traiettoria in presenza di ostacoli, riconfigurazione in caso di malfunzionamento di un elemento, esplorazione autonoma.

Organismi finanziatori: INSEAN e Space Software Italia SpA; *Durata:* 20 mesi; *Data di inizio:* 1.01.2008.

Attività svolta nel 2010: Nel 2010 è stato perfezionato il sistema di misura della posizione ed assetto ed è stato ridisegnato il sistema di azionamento di motori e timoni. Il software del sistema di comunicazione è stato aggiornato per poter gestire imbarcazioni multiple. Nell'ambito di questo progetto è stato assegnato un stage sull'analisi comparativa degli algoritmi di controllo sviluppati.

Progetto N. 8 NICOP VAR PHY “Variable-Physics techniques in Simulation-Based Design environment for High Speed Waterjet Ship Design”

Obiettivi: Sviluppo di metodologie numeriche per l'ottimizzazione basate su metodi a “Fedeltà Variabile / Fisica Variabile” da applicare al progetto di navi di forma ottima.

Organismi finanziatori: Office of Naval Research (U.S. Navy); *Durata:* 36 mesi; *Data di inizio:* 25.04.2008

Attività svolta nel 2010: la durata del progetto è stata estesa, senza costi ed oneri aggiuntivi, sino ad aprile 2011. È stata intrapresa la fase di verifica di un problema di ottimizzazione con tecnica VFM (Variable Fidelity Modelling): a tale scopo, è stato definito un problema di ottimizzazione per una nave multi-scafo con propulsione a getto, per la quale il problema di ottimizzazione sarà risolto sia con le tecniche standard sia con l'uso del VFM, in modo da verificare i reali vantaggi nonché l'equivalenza delle soluzioni ottenute. È stata inoltre terminata la fase di integrazione tra un codice a potenziale ed un codice RANS da utilizzare all'interno della procedura VFM. Parallelamente, il problema precedente è stato anche formulato escludendo l'uso della propulsione a getto, e le soluzioni ottenute rappresenteranno le forme base per la soluzione del problema completo: in questa fase, la modifica della geometria verrà ottenuta utilizzando una tecnica di tipo *morphing*, per la quale è necessario disporre di alcune forme di carena di riferimento.

L'attività svolta è documentata dai Rapporti INSEAN: 2010-003/rt, 2010-005/pp, 2010-035/cn, 2010-036/cn, 2010-037/cn, 2010-103/ci, 2010-104/ci

Progetto N. 9 NICOP CATAMARANS “Complementary EFD and CFD Analysis of Calm Water Hydrodynamics and Large Amplitude Motion for High-Speed Catamarans”

Obiettivi: Studio degli effetti viscosi sull'interferenza fra gli scafi ed analisi dei moti di grande ampiezza per catamarani ad alta velocità.

Organismi finanziatori: Office of Naval Research (U.S. Navy); *Durata:* 35 mesi; *Data di inizio:* 1.07.2008.

Attività svolta nel 2010: Taglio d'onda longitudinale esterno ed interno tramite misure sperimentali in bacino 1. Le misure sono state condotte per tre separazioni e tre velocità

($Fr=0.30$ a $Fr=0.50$ e $Fr=0.75$). Prove di tenuta a mare per il catamarano in onda regolare per un ampio range di lunghezze d'onda e di steepness. Simulazioni numeriche tramite tecniche RANS del flusso attorno al catamarano ed al corrispondente mono scafo, per la valutazione degli effetti della distanza di separazione sul fenomeno di interferenza.

L'attività svolta è documentata dai Rapporti INSEAN: 2010-079/pp, 2010-080/ci, 2010-082/pi

Progetto N. 10 AMACA

Obiettivi: studio del rumore irradiato all'interno della fusoliera di un aereo costruita in materiale composito prodotto dalle vibrazioni indotte dallo strato limite turbolento.

Organismi finanziatori: Alenia Aeronautica SpA; *Durata:* 24 mesi; *Data di inizio:* 10.11.2008.

Attività svolta nel 2010: È stata effettuata l'analisi dei dati sperimentali di pressione fluttuante e di accelerazione su pannelli elastici di alluminio e di materiale composito acquisiti nella galleria transonica del Centro Ricerche Aerospaziali (CIRA) per valori del numero di Mach compresi tra 0.4 e 0.9. L'analisi ha fornito indicazioni sulla dipendenza degli spettri di pressione dal numero di Mach e ha permesso di sviluppare modelli predittivi per il campo di pressione fluttuante. Gli spettri di accelerazione dei pannelli ottenuti sperimentalmente sono stati utilizzati per validare modelli teorico-numerici per la risposta strutturale.

L'attività svolta è documentata dal Rapporto INSEAN: 2010-002/rt, 2010-058/rt, 2010-059/rt, 2010-066/ci, 2010-067/ci

Progetto N. 11 PROMARC “Promoting Marine Research Careers”

Obiettivi: Incoraggiare i giovani a cercare lavoro altamente qualificato nei campi relativi ai trasporti marittimi con particolare attenzione ai settori relativi alle scienze, alla ricerca ed alla innovazione.

Organismi finanziatori: Unione Europea; *Durata prevista:* 24 mesi; *Data di inizio:* 1.12.2008.

Attività svolta nel 2010: Nel corso dell'anno si è partecipato al lavoro sui temi riguardanti il WP1 ed il WP2 di concerto con ECMAR e con l'SVA di Vienna. L'INSEAN ha partecipato alle attività dei due WP's ed in ognuno di essi ha dato il proprio contributo nella definizione di alcune delle guidelines di indirizzo per la definizione di criteri generali da applicare nella valutazione degli skills formativi dei giovani europei.

Progetto N. 12 NEXT MUSE “Next generation Multi-mechanics Simulation Environment”

Obiettivi: Costruire i presupposti per l'utilizzo di software di nuova generazione per Computational Fluid Dynamics (CFD) e Computational Multi-Mechanics (CMM). Tali software verranno usati per modellare un largo spettro di fenomeni fisici di interesse sia per la ricerca che per l'applicazione a processi industriali di varia natura. Il progetto si basa

sull'utilizzo di metodi "Meshless", che sono fondamentalmente diversi dai metodi convenzionalmente usati nell'ambito della CFD e della CMM.

Organismi finanziatori: Unione Europea; *Durata:* 36 mesi; *Data di inizio:* 1.04.2009.

Attività svolta nel 2010: Il progetto NextMuse è suddiviso in sei work packages di cui i primi tre (WP1-WP2 e WP3) prevedono un forte coinvolgimento dell'INSEAN nelle attività di sviluppo e validazione del modello SPH. Tale modello verrà successivamente utilizzato dai vari partner per la simulazione di fenomeni fisici di interesse.

WP1) Enhancement of the SPH numerical scheme.

L'obiettivo di questo package è stato quello di potenziare lo schema SPH migliorando l'accuratezza della descrizione del campo di pressione e, di conseguenza, la capacità di predizione dei carichi locali contro le strutture. Le caratteristiche principali di questo lavoro sono state incluse in articoli da rivista che riguardano il modello δ -SPH implementato all'INSEAN. Un ulteriore contributo al potenziamento dei modelli SPH è derivato dalla definizione di nuove e più accurate condizioni al contorno per i profili solidi e lo sviluppo di condizioni di inflow e outflow.

WP2) Adapted physical modeling of fluids.

Per migliorare la descrizione dei fenomeni fisici attraverso codici SPH è stato intrapreso un approfondito studio sul ruolo della viscosità in tali modelli. In particolare è stata fatta un'analisi teorica di come lo schema SPH descrive flussi viscosi in prossimità della superficie libera ed in prossimità delle pareti solide con conseguenti condizioni di aderenza.

Inoltre è stata fornita una descrizione dei modelli SPH per lo studio di flussi multifase.

WP3) Modelling of Fluid-Structure Interaction

Nell'ambito dell'interazione fluido struttura, sono stati studiati dei problemi di generazione di onde di gravità tramite ondogeno e loro successiva propagazione all'interno di un bacino. Sia la parte fluida che la parte solida sono state modellate con opportune tecniche e modelli SPH sviluppati all'INSEAN. La tecnica per l'imposizione delle condizioni ai contorni solidi è stata poi estesa per lo studio di interazioni fluido-struttura in cui il moto dei corpi solidi è determinato dal campo fluidodinamico stesso. L'algoritmo è stato parzialmente validato nello studio di corpi 2D galleggianti in bacino interagenti con sistemi ondosi.

WP4) High-Performance Computing

Per quanto riguarda l'ottimizzazione e la costruzione di codici SPH 3D con elevate prestazioni di calcolo, è stato sviluppato uno schema SPH basato sul paradigma di parallelizzazione Open-MP. I dettagli su tale schema sono inclusi in un report intermedio

L'attività svolta è documentata dai Rapporti INSEAN: 2009-041/pp, 2009-074/pp, 2010-010/ci, 2010-011/ci, 2010-012/ci, 2010-013/ci, 2010-014/ci, 2010-015/cn, 2010-016/ci, 2010-017/rt, 2010-018/rt, 2010-019/rt, 2010-020/rt, 2010-072/pa, 2010-073/pa, 2010-074/rt

Progetto N. 13 PROSSIMA "Studio di un sistema innovativo per le prove di manovrabilità su modello libero"

Obiettivi: Studio dello sbilanciamento della coppia e della spinta su una nave bielica con assi disaccoppiati in accostata.

Organismi finanziatori: Marina Militare Italiana; *Durata:* 14 mesi; *Data di inizio:* 17.04.2009.

Attività svolta nel 2010: Nel corso dell'anno si sono affinate e concluse le attività di messa a punto e verifica delle tecnologie necessarie alla misura dei forti sbilanciamenti di

coppia che si hanno su un modello di carena autopropulso di bielica che effettua decise manovre di accostata. Il modello di carena è stato trasferito presso la Stazione Sperimentale di Nemi ed una prima serie di attività sperimentali è stata effettuata. Attualmente solo la condizione di prova classica a giri costanti è stata parzialmente eseguita, mentre nel corso del 2011 si procederà al completamento delle attività sperimentali previste con la realizzazione delle prove sperimentali nelle condizioni propulsive di potenza costante e di coppia massima prefissata.

Progetto N. 14 HYMAR “High Efficiency Hybrid Drive Trains for Small and Medium Sized MARine Craft”

Obiettivi: Studio dell’efficienza propulsiva di una particolare tipologia di elica utilizzata su barche a vela

Organismi finanziatori: Unione Europea; *Durata:* 36 mesi; *Data di inizio:* 1.05.2009.

Attività svolta nel 2010: Nel corso dell’anno si sono portate avanti le seguenti attività:

- realizzazione delle misure di prestazioni del propulsore nella configurazione geometrica attuale (pale in bronzo e pale in alluminio)
- realizzazione dei test sperimentali per la cattura delle condizioni di equilibrio che il propulsore raggiunge e mantiene nelle condizioni operative richieste
- progettazione e realizzazione (sia dal punto di vista meccanico che elettronico) di una bilancia miniaturizzata per la misura del bending moment sul mozzo delle pale
- sviluppo e inizio della validazione di opportuni codici di calcolo ad-hoc sviluppati ed idonei alla caratterizzazione idrodinamica delle attuali geometrie di pala.

Si sono affinate e concluse di concerto con il BRUNTONS (WP3 leader):

- la progettazione del sistema di misura del bending moment
- l’affinamento delle specifiche di progettazione per lo sviluppo di codici di calcolo idonei a rappresentare il comportamento idrodinamico della attuale geometria
- la definizione delle specifiche tecniche per la misura e l’acquisizione underwater del bending moment

L’attività svolta è documentata dal Rapporto INSEAN: 2010-089/rt

Progetto N. 15 SILENV “Ship oriented Innovative solutions to reduce Noise & Vibrations”

Obiettivi: Definizione di una “Green Label” sui requisiti acustico-vibrazionali per diversi tipi di nave e le possibili soluzioni tecniche da implementare per il loro soddisfacimento.

Organismi finanziatori: Unione Europea; *Durata:* 36 mesi; *Data di inizio:* 1.10.2009.

Attività svolta nel 2010: Nel corso del 2010 sono state effettuate le seguenti attività:

- 1) Studi di strategie di controllo (attive e passive) del rumore indotto a bordo da sorgenti idrodinamiche, con particolare riferimento agli effetti dovuti allo strato limite turbolento e alle variazioni delle caratteristiche elastiche dello scafo. (Attività svolte nell’ambito del WP3, sub task 3.1.4 “Solution inventory and assessment. Hull & Structure”).
- 2) Studio di fattibilità nell’uso delle “smart structures” per la riduzione del campo acustico interno in strutture a guscio cilindrico. Sviluppo del modello teorico e risultati numerici per casi test. Analisi numerica su tecniche di ottimizzazione per la scelta del numero e del

- posizionamento delle smart structures. (Attività svolte nell'ambito del WP3, sub task 3.1.4 "Solution inventory and assessment. Hull & Structure").
- 3) Sviluppo di un codice di calcolo idroacustico per la soluzione completa dell'equazione di Ffowcs Williams-Hawkings, sia attraverso il calcolo separato dei termini lineari 2D e non lineari 3D, sia tramite la cosiddetta formulazione porosa. Analisi del ruolo dei vari termini sorgenti, con particolare riferimento agli effetti di campo non lineari. Prime applicazioni su eliche isolate (non cavitanti). (Attività svolte nell'ambito del WP3, sub task 3.1.1 "Solution inventory and assessment. Propellers").
 - 4) Sviluppo di un'interfaccia software per l'uso di dati idrodinamici RANSE e l'analisi idroacustica di una nave in configurazione completa. Studio numerico dei fenomeni di scattering dello scafo, del timone e della superficie libera. (Attività svolte nell'ambito del WP3, sub task 4.1.2 "Modelling of propagation of noise outside the ship").

Progetto N. 16 QPP "Quiescent Prediction Period"

Obiettivi: Identificare i periodi di calma in mare mosso per consentire alla nave di effettuare operazioni come l'appontaggio di aeromobili e l'ingresso di mezzi da sbarco nel bacino.

Organismi finanziatori: European Defence Agency; *Durata:* 20 mesi; *Data di inizio:* 2.10.2009.

Attività svolta nel 2010: Studio in collaborazione con gli organi competenti della Marina Militare Italiana finalizzato a definire i requisiti operativi che l'eventuale dimostratore tecnologico per la previsione dei periodi di calma del mare dovrà soddisfare. Il risultato dell'attività è rendicontato in un rapporto tecnico archiviato in biblioteca ed è stato presentato in un workshop internazionale dedicato nel febbraio del 2010. Review dei modelli matematici e numerici per lo studio della propagazione ondosa. Anche questa attività è rendicontata ed archiviata sotto forma di rapporto tecnico in biblioteca, i risultati dello studio sono stati presentati in un successivo workshop tenutosi nel Novembre del 2010 presso Genova con la partecipazione di tutti gli altri partner europei del progetto. L'IREA per suo conto ha completato la parte di lavoro di sua competenza che riguardava l'acquisizione e l'elaborazione di immagini radar in banda X dello stato di mare che investe una nave: dallo stato dell'arte alla definizione ed implementazione di un algoritmo per concludere con una attività di validazione mediante analisi di dati reali. Tutto il lavoro svolto è rendicontato in tre rapporti tecnici depositati presso la biblioteca.

L'attività svolta è documentata dai Rapporti INSEAN: 2010-050/ci, 2010-060/pp, 2010-062/pp, 2010-071/rt, 2010-087/rt

Progetto N. 17 STREAMLINE "Strategic Research for innovative Marine Propulsion Concepts"

Obiettivi: Sviluppo di metodologie per lo studio di propulsori navali caratterizzati da consumi ridotti ed abbattimento delle emissioni nocive nell'ambiente. Applicazione delle suddette metodologie al progetto di propulsori di nuova concezione e all'ottimizzazione di propulsori convenzionali. Verifica sperimentale su modelli delle prestazioni dei sistemi progettati.

Organismi finanziatori: Unione Europea; *Durata:* 48 mesi; *Data di inizio:* 1.3.2010

Attività svolta nel 2010: Secondo quanto previsto dal piano di lavoro del progetto, è stato avviato lo sviluppo dei modelli computazionali da impiegare per la progettazione ed ottimizzazione di sistemi propulsivi ad elica. In particolare, l'attività ha riguardato la messa a punto di modelli idrodinamici BEM e l'avvio dello sviluppo di modelli ibridi RANSE/BEM, lo sviluppo di modelli idroacustici per la previsione del rumore irradiato dal propulsore. Inoltre, è stata avviata l'analisi di tecniche di ottimizzazione numeriche per definire strategie adatte alla ottimizzazione di forma di eliche navali di tipologia convenzionale e non convenzionale. L'INSEAN è anche impegnata nella realizzazione di campagne sperimentali volte a caratterizzare le configurazioni da ottimizzare. Nel periodo in oggetto sono stati prodotti i disegni di una nave chemichiera da impiegare nel corso del progetto come caso di riferimento a partire dal quale progettare ed ottimizzare linee di carena e sistema propulsivo.

Progetto N. 18 THALES IXV “Scaled Model Experimental Test Campaign”

Obiettivi: Studio sperimentale della fase di ammaraggio di un veicolo spaziale unmanned. L'interesse è nella riproduzione in scala del processo al fine di validare le previsioni numeriche. Le analisi prevedono misure di pressione sulla superficie della fusoliera e delle forze complessive agenti sui flap posteriori.

Organismi finanziatori: Thales Alenia Space Italia; *Durata:* 5 mesi; *Data di inizio:* 14.10.2010.

Attività svolta nel 2010: Nel corso del 2010 è stato progettato il sistema fusoliera e gruppo flap posteriore. L'attività ha richiesto un notevole sforzo a causa dei limiti di peso e della particolare configurazione degli assi dei flap. Sempre al fine di ridurre i pesi e, nello stesso tempo, evitare la presenza di un cavo di connessione che avrebbe influito sulla dinamica del moto, è stato progettato un sistema di acquisizione a bordo modulare che potesse trattare i segnali provenienti da diversi tipi di sensori impiegati. Sono state effettuate le selezioni dei fornitori per alcune delle attività da affidare a terzi ed è stata avviata la costruzione della fusoliera. Nel rispetto degli impegni contrattuali, è stato predisposto un rapporto tecnico dove sono stati riportati i dettagli del modello ed alcuni elementi riguardanti il sistema di sgancio.

L'attività svolta è documentata dal Rapporto INSEAN: 2010-057/rt

Progetto N. 19 AUTODROP “Development of a novel autonomous vehicle significantly reducing costs related to subsea sensors deployment and recovery”

Organismi finanziatori: Unione Europea; *Durata:* 48 mesi; *Data di inizio:* 1.11.2010

Attività svolta nel 2010: È stato fatto il kick-off meeting a oslo nel mese di dicembre dove sono state definite le specifiche di progetto. Sono stati inoltre pianificati i test da fare in bacino.

Progetto N. 20 SUBMOTION II “Submarine Coupled 6 DOF Motions including Boundary Effects”

Obiettivi: Identificare le principali cause delle discrepanze tra esperimenti e corrispondenti simulazioni documentate dal progetto EUCLID-CEPA 10 RTP 10.17 e migliorare l’affidabilità degli strumenti previsionali adottati. Approfondire la conoscenza del comportamento di sottomarini che manovrano in acque confinate, estendere e perfezionare i simulatori di manovra basati su metodi a parametri concentrati e su solutori diretti mediante l’uso di studi, fisici e numerici, statici e dinamici.

Organismi finanziatori: European Defence Agency; *Durata:* 48mesi; *Data di inizio:* 24/11/2010

Attività svolta nel 2010: inizio del progetto, kick off meeting. Il meeting si è tenuto a Roma. Si sono delineate le prime attività e gli studi preliminari necessari, tra cui la definizione della geometria dei piani di coda nella configurazione ad X, lo studio preliminare degli effetti sui carichi globali in avanzamento rettilineo e in steady drift di una superficie libera o di una parete solida. Questa analisi viene svolta per considerare la possibilità di montare il sottomarino rovesciato per le prove in vasca. Le prossime attività riguarderanno il ripristino del modello CNR-INSEAN 2475 e della bilancia Remmers R62.

Lavori prodotti al di fuori dei programmi e progetti di ricerca

Sono stati inoltre prodotti, al di fuori dei programmi e progetti di ricerca attualmente in corso i seguenti *Rapporti INSEAN*:
2009-118/pp, 2010-023/rt, 2010-033/rt, 2010-056/rt, 2010-069/rt, 2010-076/pp, 2010-077/ci, 2010-090/ci, 2010-092/ci, 2010-097/pi, 2010-098/pi.

Studi e sperimentazione conto terzi

COMMESSA N. 1 Iowa University - USA

Obiettivi: Determinare le caratteristiche propulsive ed il campo fluidodinamico di una imbarcazione provvista di waterjets.

Attività svolta: esecuzione di prove in bacino rettilineo finalizzate alla determinazione delle caratteristiche propulsive globali, delle caratteristiche di funzionamento interno dell'idrogetto e del flusso all'entrata ed all'uscita dello stesso.

COMMESSA N. 2 Schaffran Propeller - Germany

Obiettivi: Determinazione delle caratteristiche propulsive di una corvetta a tre assi per la Marina algerina.

Attività svolta nel 2010: esecuzione di prove di autopropulsione con eliche di stock in acqua calma e rilievo delle caratteristiche di cavitazione e delle pressioni indotte sulla volta di poppa dalle eliche definitive.

COMMESSA N. 3 Brunvoll AS - Norway

Obiettivi: Determinare le caratteristiche propulsive ed il campo fluidodinamico di eliche intubate e non e le interazioni carena – elica – timone in diverse condizioni operative.

Attività svolta nel 2010: esecuzione di prove al tunnel di cavitazione ed al canale di circolazione per la determinazione delle interazioni e prove con sistema Laser Doppler per la determinazione delle caratteristiche del flusso circostante la carena ed il sistema propulsivo quando questo è operante.

COMMESSA N. 4 CONI

Obiettivi: Individuare possibili miglioramenti delle imbarcazioni da gara per il canottaggio e modalità di voga più efficienti attraverso prove in vasca con e senza equipaggio a bordo.

Attività svolta nel 2010: esecuzione di indagini sperimentali delle imbarcazioni da gara e su appendici di queste nonché indagine sperimentale sulle tecniche di voga e l'impiego di materiali innovativi.

COMMESSA N. 5 University of Michigan – USA

Obiettivi: Determinazione con strumenti numerici delle caratteristiche dinamiche di veicoli ad effetto superficie avanzanti in acqua calma.

Attività svolta nel 2010: esecuzione di simulazioni numeriche su diverse geometrie di SES a diversi numeri di Froude e per diverse condizioni di pressione all'interno del cuscinio con studio del regime fluidodinamico circostante il veicolo avanzante su rotta rettilinea in acqua calma.

Allegato 2**Rapporti INSEAN¹ prodotti nell'anno 2010****Rapporto INSEAN 2009-013/pp**

Grosso, G., Antuono, M., Toro, E., *The Riemann Problem for the Dispersive Nonlinear Shallow Water Equations*, **Communications in Computational Physics**, Vol.7, n.1 (2010) pp.64-102

Rapporto INSEAN 2009-032/pa

Iafrazi, A., Korobkin, Alexander A., *Asymptotic estimates of hydrodynamic loads in the early stage of water entry of circular disc*, accettato per la pubblicazione su **J. Engineering Mathematics Special Issue: PRACTICAL ASYMPTOTICS 5** (pubblicato nel 2011: Volume 69, Issue 2 (2011), pag. 199-224)

Rapporto INSEAN 2009-041/pp

Antuono, M., Colagrossi, L., Marrone, S., Molteni, D., *Free-surface flows solved by means of SPH scheme with numerical diffusive terms*, **Computer Physics Communications** (in press: doi 10.1016)

Rapporto INSEAN 2009-043/pp

Antuono, M., Brocchini, M., *Solving the Nonlinear Shallow Water Equations in Physical Space*, **Journal of Fluid Mechanics**, vol. 643 (2010) pp. 207-232

Rapporto INSEAN 2009-044/pp

Antuono, M., Brocchini, M., *Analysis of the Nonlinear Shallow Water Equations over Nonplanar Topography*, **Studies in Applied Mathematics**, vol. 124, issue 1 (2010) pp. 85-103

Rapporto INSEAN 2009-045/pp

Grosso, G., Antuono, M., Brocchini, M., *Dispersive nonlinear shallow-water equations: some preliminary numerical results*, **Journal of Engineering Mathematics**, vol.67, numbers 1-2 (2010) pp.71-84 DOI: 10.1007/s10665-009-9328-5

Rapporto INSEAN 2009-073/pa

Antuono, M., Soldini, L., Brocchini, M., *On the role of the Chezy frictional term near the shoreline*, accettato per la pubblicazione, **Theoretical and Computational Fluid Dynamics** (pubblicato online nel 2011 DOI 10.1007/s00162-010-0220-8)

Rapporto INSEAN 2009-074/pp

Marrone, S., Colagrossi, A., Le Touzè, D., Graziani, G., *Fast free-surface detection and level-set function definition in SPH solvers*, **Journal of Computational Physics**, Vol. 229 (2010) pp.3652-3663

Rapporto INSEAN 2009-117/pp

Grizzi, S., Pereira, F., Di Felice, F., *A simplified, flow-based calibration method for stereoscopic PIV*, **Experiments in Fluids**, Volume 48, Number 3 (2010) DOI: 10.1007/s00348-009-0750-2

¹ Le sigle usate sono: cn = convegno nazionale, ci = convegno internazionale, pi = inviato per la pubblicazione su rivista, pa = accettato per la pubblicazione su rivista, pp = pubblicato su rivista, rt = rapporto tecnico.

Rapporto INSEAN 2009-118/pp

Felli, M., Falchi, M., Pereira, F., *Distance effect on the behavior of an impinging swirling jet by PIV and flow visualizations*, **Experiments in Fluids**, Volume 48, Number 2 (2010) DOI: 10.1007/s00348-009-0723

Rapporto INSEAN 2009-128/pp

Antuono, M., *A Shock solution for the Nonlinear Shallow Water Equations*, **Journal of Fluid Mechanics**, vol. 658 (2010) pp. 166-187

Rapporto INSEAN 2010-001/pp

Ianniello, S., Di Mascio, A., *A self-adaptive oriented particles Level-Set method for tracking interface*, **Journal of Computational Physics** 229 (2010) 1353–1380

Rapporto INSEAN 2010-002/rt

Ciappi, E., Magionesi, F., *Progetto di ricerca AMACA- Deliverable 2: Analisi vibro-acustica*

Rapporto INSEAN 2010-003/rt

Diez, M., Peri, D., *Two-stage Stochastic Programming Formulation for Ship Design Optimization under Uncertainty*

Rapporto INSEAN 2010-004/ci

Iafrazi, A., Broglia, R., *Comparisons between 2D+t potential flow models and 3D RANS for planing hull hydrodynamics*, **25th International Workshop on Water Waves and Floating Bodies**, IWWWFB 2010, Harbin (China) 2010

Rapporto INSEAN 2010-005/pp

Diez, M., Peri, D., Campana, E.F., Iemma, U., *Robust Decision Making in Aerial and Marine Vehicles Optimization: a Designer's Viewpoint*, **Enterprise Risk Management**, vol.1, n.1:E4, pp. 68-85, 2010

Rapporto INSEAN 2010-006/ci

Colicchio, G., Greco, M., Lugni, C., Faltinsen, O.M., *A 3D Navier-Stokes solver to investigate Water-On-Deck events within a Domain-Decomposition strategy*, **25th International Workshop on Water Waves and Floating Bodies**, IWWWFB 2010, Harbin (China) 2010

Rapporto INSEAN 2010-007/rt

Righetti, D., *Modello numerico di interazione fluido-strutturali per l'equazione di una vela 2D*, tesi di laurea, 2010

Rapporto INSEAN 2010-008/ci

Colicchio, G., Mattioli, M., Brocchini, M., Mancinelli, A., *Scouring below pipelines: the role of vorticity and turbulence*, **7th International Symposium on Fluid-Structure Interactions, Flow-Sound Interactions, and Flow-Induced Vibration & Noise**, Montreal (Canada) 2010

Rapporto INSEAN 2010-009/ci

Colicchio, G., Greco, M., Lugni, C., Faltinsen, O.M., *Towards a Fully 3D Domain-Decomposition Strategy for Water-On-Deck Phenomena*, **9th International Conference on Hydrodynamics**, Shanghai (China) 2010

Rapporto INSEAN 2010-010/ci

Colagrossi, A., Antuono, M., Souto-Iglesias, A., Le Touzé, D., Izaguirre-Alza, P., *Theoretical analysis of SPH in simulating free-surface viscous flows*, **5th International SPHERIC (Smoothed Particle Hydrodynamics European Research Interest Community) SPH Workshop**, Manchester (UK) 2010