

LINCOSIM: VALIDAZIONE DI UNA APPLICAZIONE WEB PER LA PROGETTAZIONE NAVALE

Raffaele Ponzini – CINECA, HPC Department, Sede Milano, via R. Sanzio 4, Segrate (MI)

Francesco Salvatore – CINECA, HPC Department, Sede Roma, via dei Tizii 6/B, Roma

Ermina Begovic – Università Federico II di Napoli, Dipartimento di Ingegneria Industriale, Via Claudio 21, Napoli

Carlo Bertorello – Università Federico II di Napoli, Dipartimento di Ingegneria Industriale, Via Claudio 21, Napoli.

Abstract

LincoSim è un'applicazione web innovativa a supporto della progettazione di scafi plananti attraverso l'utilizzo di metodologie computazionali sviluppate nell'ambito del progetto europeo LINCOLN. Dopo aver presentato i risultati preliminari in termini di usabilità e robustezza nel numero 89 di questa rivista, proponiamo di seguito i risultati di validazione dell'applicativo attraverso comparazioni con dati sperimentali per stimare l'accuratezza dei solutori numerici. Infine sono discussi gli sviluppi futuri di LincoSim all'interno di nuovi progetti finanziati.

Introduzione

Nel numero 89 di questa rivista abbiamo presentato l'esperienza di utilizzo e le statistiche di LincoSim ([1]), una applicazione web innovativa sviluppata nell'ambito del progetto LINCOLN finanziato dall'Unione Europea (vedi [2]). LincoSim permette, attraverso la sua interfaccia interattiva, di preparare, verificare, sottomettere ed infine analizzare le simulazioni numeriche CFD complesse solo attraverso l'inserimento da parte dell'utente della geometria dello scafo e dell'insieme di pochi parametri fisici solitamente ben noti già dalle fasi preliminari del design. LincoSim ha mostrato, attraverso le sue statistiche di utilizzo, di avere diverse caratteristiche che lo rendono appetibile come reale strumento di supporto alla progettazione in ambito navale:

- la disponibilità di una interfaccia utente web;
- l'elevata interattività con la navigazione dei dati sia di input che di output;
- la gestione trasparente per l'utente l'interazione con le risorse computazionali;
- il motore di calcolo CFD basato sulla tecnologia open-source di OpenFOAM (vedi [3]) che consentono di risolvere l'equazione di Navier-Stokes 3D includendo il movimento dinamico della mesh (per simulazioni N-DOF) in modo economico ed efficace.
- Tuttavia, non era ancora stato quantificato il valore in termini di accuratezza dei solutori presenti in LincoSim che sono, come già descritto in [1]:
- *captivebase*: è un solver molto generale utile per eseguire simulazioni a zero gradi di libertà. Lo scafo è impostato in un dato assetto in termini di angolo di inclinazione (trim) e di affondamento (sinkage) definito dagli input dell'utente e questo orientamento e posizione del baricentro CoG sono costanti lungo l'intera simulazione.
- *1Dof*: solver progettato per essere in grado di eguagliare esattamente il valore del peso dello scafo, per un determinato assetto in termini di angolo di inclinazione, con il valore dello scafo imposto a livello di input come massa.
- *2Dof*: solver completo di dinamica dello scafo che consente un movimento più generale dello scafo attorno al CoG in termini sia traslazionali che rotazionali (free sink and pitch).

Recentemente, in un articolo pubblicato su Ocean Engineering (vedi [3]), abbiamo quantificato l'accuratezza di questi solutori attraverso una comparazione quantitativa con dati sperimentali acquisiti presso la vasca navale dell'Università Federico II di Napoli nel 2012 e precedentemente pubblicati (vedi [4]). Questo dataset sperimentale è considerato in letteratura estremamente interessante perché mostra, per una serie sistematica di quattro scafi plananti, le variazioni delle principali caratteristiche idrodinamiche al variare di un singolo parametro geometrico. La compara-

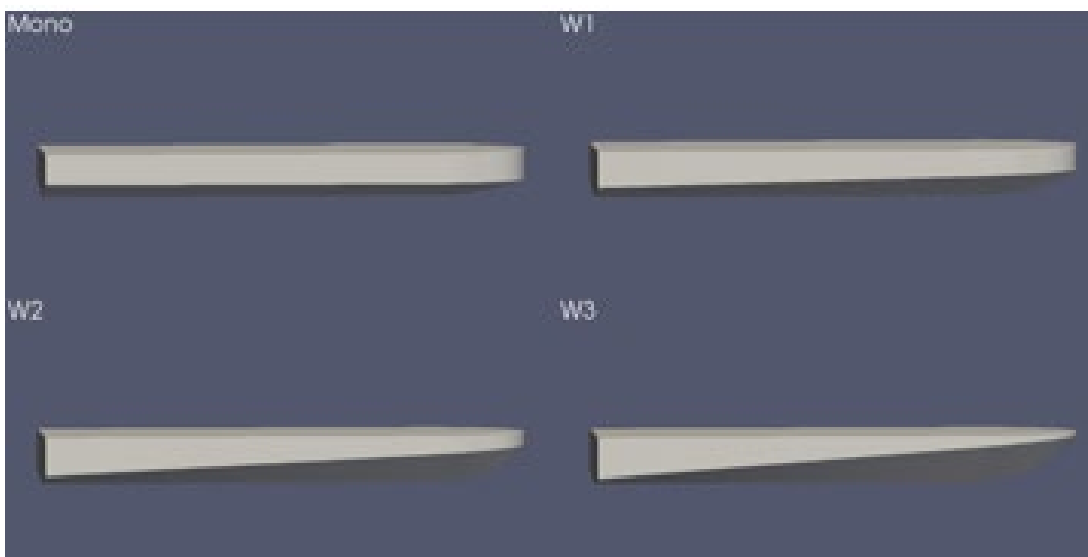


Figura 1 - Scafi planati nelle quattro varianti definite dalla serie sistematica.

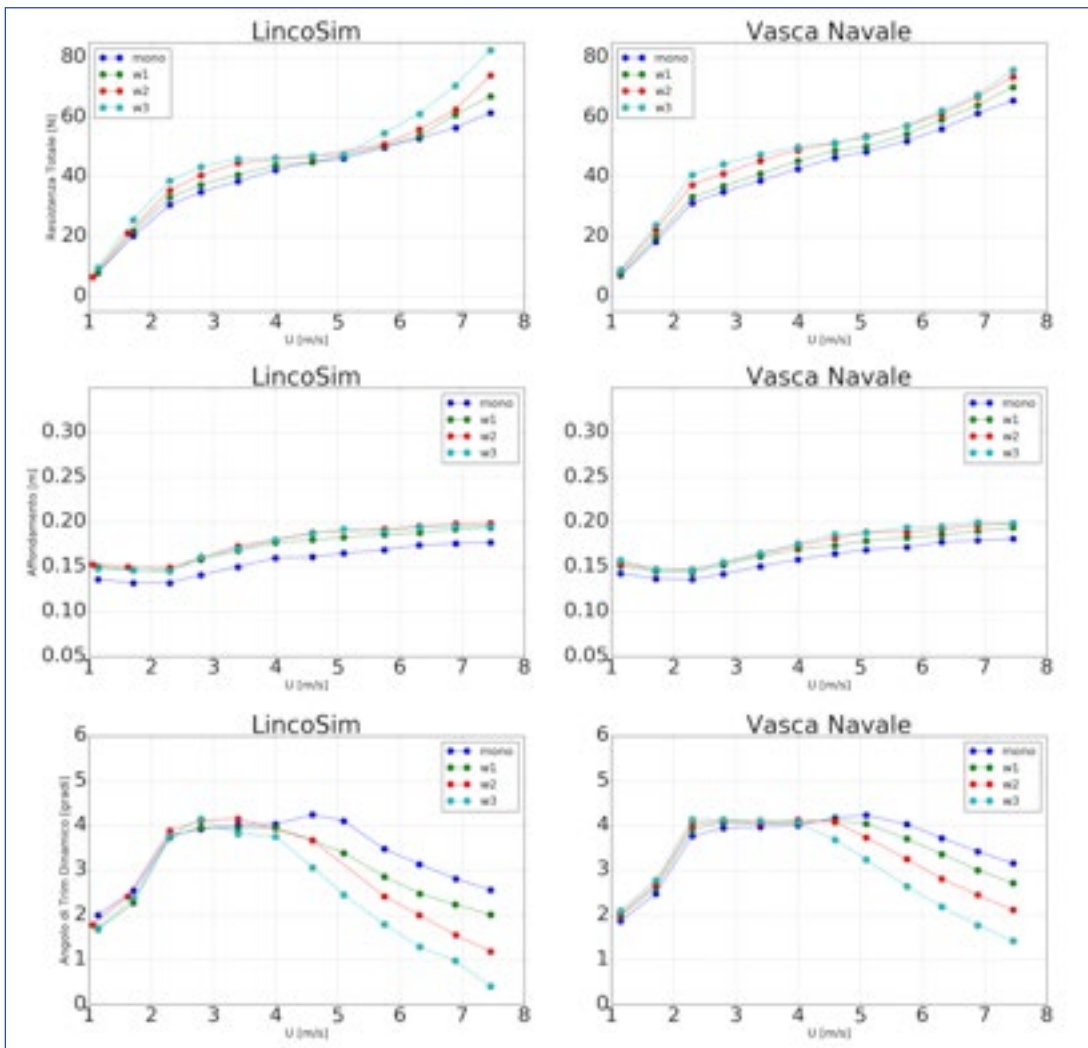


Figura 2 - Comparazione tra andamenti misurati e simulate. A destra dati vasca navale al variare della velocità; a sinistra dati LincoSim al variare della velocità.

zione tra modelli numerici e modelli sperimentali è sempre un banco di prova molto importante poiché la modellazione numerica deve sempre rapportarsi con la realtà fisica

che si propone di simulare al fine di poter essere utilizzata per la progettazione con sicurezza. In questo caso il nostro interesse non è solo orientato a valutare la differenza

della singola configurazione analizzata, ma, proprio grazie alla disponibilità di trend di variazioni delle grandezze idrodinamiche tra i quattro scafi alle varie velocità, è anche rivolto a comprendere se LincoSim sia grado di replicare correttamente tali andamenti. Questo è un punto importante che sottolineiamo in quanto intrinsecamente legato con la capacità di LincoSim di classificare le performances di uno scafo in comparazione a sue varianti di design che operino nelle medesime condizioni. Per noi questo è un aspetto centrale in quanto se uno strumento deve davvero supportare il design allora secondo noi deve essere prima di tutto capace di cogliere le differenze tra i vari design e di farlo nel rispetto della fisica.

Comparazione della soluzione numerica con il dato sperimentale

Gli scafi considerati per validare LincoSim sono i quattro che costituiscono la serie sistematica di scafi plananti definita in [4] da Bertorello e Begovic nel 2012.

Tali scafi hanno la caratteristica di differire tra loro solo per una variazione geometrica dell'angolo di rialzamento di fondo, detto *deadrise*. In particolare le quattro varianti hanno un valore che varia da 17 a 36 gradi passando dallo scafo 'Mono' allo scafo 'W3'. La lunghezza degli scafi è invece costante così come il peso. In questo modo è possibile capire come le grandezze idrodinamiche degli scafi sono caratterizzate rispetto appunto a questo parametro geometrico. Questi scafi sono stati studiati in vasca navale presso l'Università Federico II di Napoli al variare della velocità con valori compresi tra 1 e 8 m/s e le principali grandezze idrodinamiche (resistenza, affondamento e angolo di trim dinamico) sono state misurate durante sessioni sperimentali di vasca navale.

In analogia le medesime geometrie, alle medesime condizioni di utilizzo sono state studiate in LincoSim.

Di seguito riportiamo gli andamenti di tali grandezze ottenute tramite i due strumenti di misura.

Come si può notare esperimento e simulazione ci danno informazione del tutto coerenti tra loro nel caratterizzare i quattro scafi nonostante le variazioni del singolo valore di velocità per un determinato scafo può variare di diversi punti percentuali tra le due procedure. Più nel dettaglio, comparando le grandezze sperimentali di vasca con le grandezze ottenute in LincoSim, abbiamo notato che:

- la resistenza e l'affondamento numerici variano all'interno dell'incertezza di misura per la maggior parte dei casi analizzati;
- l'angolo di trim numerico varia oltre l'incertezza di misura con discrepanze medie inferiori al 10% e massime del 15% soprattutto in corrispondenza dei valori più elevati di velocità ovvero laddove gli scafi planano maggiormente.

Entrambi questi valori sono del tutto coerenti con i dati ottenuti in altri studi comparativi numerico-sperimentali di scafi plananti e confermano che LincoSim è uno strumento anche sufficientemente accurato per la progettazione in ambito navale.

Un altro aspetto notevole, una volta appurato che LincoSim è in grado di replicare i trend di vasca in maniera veritiera, è la possibilità di capire e distinguere le componenti della resistenza totale tra pressoria e viscosa. Analizzando tutti e quattro gli scafi si nota che a basse velocità il contributo dominante è legato alla componente pressoria (80/20 %) mentre salendo con le velocità questa tendenza si sbilancia dalla parte della componente viscosa (20/80 %).

Altre comparazioni

Nella primavera del 2020 LincoSim è stato presentato all'interno del Master in Yacht Design edizione XIX (vedi [5]) come strumento innovativo per la progettazione navale. Al fine di rendere più interessante l'intervento, sono stati comparati due design alternativi del medesimo scafo, entrambi frutto della progettazione degli studenti all'interno del laboratorio finale. Anche in questo caso LincoSim si è mostrato in grado di evidenziare delle differenze legate al design dello scafo, tali risultati

sono stati paragonati con successo a delle stime ottenute con altri applicativi precedentemente utilizzati.

Conclusioni e sviluppi futuri

Ad oggi LincoSim si è mostrato utilizzabile da diversi gruppi di progettisti all'interno di LINCOLN, grazie alla validazione qui discussa si è mostrato anche affidabile se comparato con misure sperimentali di vasca navale. Per questi motivi abbiamo cercato di trovare dei nuovi progetti finanziati dentro cui continuare a far crescere LincoSim. Per ora possiamo dire che LincoSim verrà impiegato in e-SHyIPS un progetto di tipo 'Research and Innovation Action' finanziato da FCH2-JU - HORIZON 2020 e che partirà il 1° Gennaio 2021 e terminerà dopo 36 mesi. Il progetto prende spunto dal fatto che nonostante l'idrogeno sia un'opzione valida a livello mondiale per raggiungere la riduzione delle emissioni, e che sia anche parte della strategia dell'Organizzazione marittima internazionale (IMO), un quadro normativo applicabile alle navi alimentate a idrogeno non sono ancora disponibili. E-SHyIPS riunisce quindi le parti interessate dell'idrogeno e del settore marittimo e esperti internazionali, attraverso un comitato consultivo, per raccogliere nuove conoscenze sulla base della revisione del quadro normativo e dati sperimentali sulla progettazione delle navi, sui sistemi di sicurezza, sui materiali e sui componenti e sulle procedure di bunkeraggio. Il Coordinatore del progetto è Politecnico Di Milano mentre CINECA si trova tra i partner di progetto.

Analogamente, LincoSim sarà coinvolto anche in "Erasmus Mundus Joint Master Degree" EMJMD Sustainable Ship and Shipping 4.0 (SEAS 4.0), un master di 90 crediti di un anno e mezzo che implementa i concetti di Industria 4.0 e sostenibilità nel campo marittimo finalizzato allo sviluppo di progettazione e gestione sostenibile delle navi. SEAS 4.0 ha come obiettivo la formazione di eccellenza di Ingegneri Navali in un ambito sovranazionale e

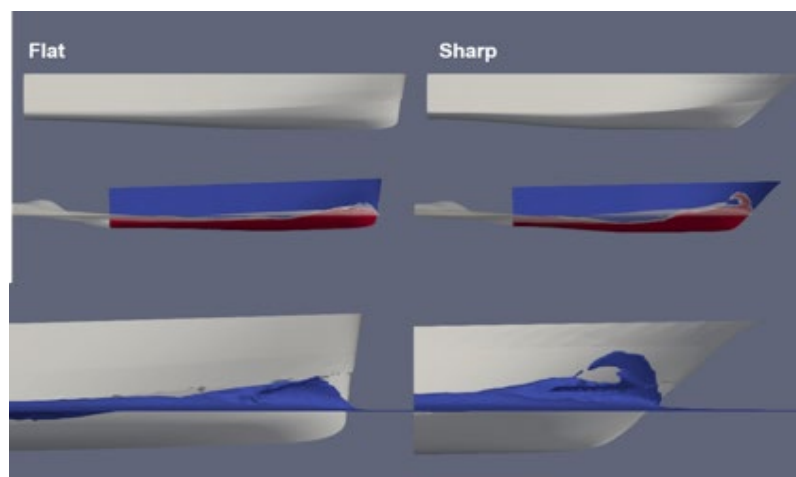


Figura 3 - Visualizzazione delle linee d'onda su due modelli di scafo.

multidisciplinare ed il conferimento di un titolo di Master congiunto di II livello, dopo un corso di tre semestri svolto presso le Università partner (Università Di Napoli Federico II, Università di Coruna e Università di Zagabria). L'inizio dei corsi è previsto per l'A.A. 2021/22.

Certamente grazie alle energie che verranno investite in questi sviluppi LincoSim potrà migliorare e aspirare a diventare un riferimento in questo campo d'applicazione.

Bibliografia

- [1] <https://aec-analisiecalcolo.it/pubblicazioni/aec/89/677/>
- [2] LINCOLN project web site: <http://www.lincolnproject.eu/>
- [3] Ponzini, R.; Salvatore, F.; Begovic, E.; Bertorello, C. Automatic CFD analysis of planing hulls by means of a new web-based application: Usage, experimental data comparison and opportunities. *Ocean Engineering* 210, 2020.
- [4] Resistance assessment of warped hull-form, E. Begovic, C. Bertorello. *Ocean Engineering* 56, 28-42, 2012.
- [5] Master yacht Design: <https://www.polidesign.net/en/myd>
- [6] Erasmus Mundus Joint Master Degree" EMJMD Sustainable Ship and Shipping 4.0 (SEAS 4.0) www.master-seas40.unina.it