

Sul piano dei risultati scientifici più significativi si sottolinea il livello internazionale delle metodologie sperimentali e di analisi messe a punto per la previsione delle prestazioni di corpi sommersi e del comportamento in mare agitato delle navi di superficie.

Il successivo finanziamento per il Programma di Ricerche INSEAN 1988-90 ha consentito di sviluppare ed approfondire varie tematiche scientifiche relative a prestazioni idrodinamiche di carene sistematiche, a carene con e senza bulbo, o in condizioni di assetto ordinarie ed estreme, con propulsione convenzionale e non (eliche a pale fisse e orientabili, idrogetti), come è documentato dalle pubblicazioni, partecipazioni a congressi e rapporti prodotti dai ricercatori INSEAN.

3. Programma di Ricerca INSEAN per il triennio 1991-1993

Il Decreto Legge n. 564 del 24/12/93 "Provvedimenti a favore dell'industria navalmeccanica e della ricerca nel settore navale", con il quale il Ministero della Marina Mercantile può concedere finanziamenti all'INSEAN e al CETENA "per favorire lo svolgimento di programmi di ricerca nel settore navale relativi al triennio 1991-1993", introduce la seguente classificazione del tipo di ricerca secondo criteri derivati da quelli dei programmi finanziati dalla CEE:

1. *attività di ricerca fondamentale nelle discipline scientifiche di potenziale interesse per l'ingegneria navale e marina, non collegati ad obiettivi industriali o commerciali;*
2. *attività di ricerca di base, tesa alla definizione di metodologie avanzate e innovative nel campo della progettazione delle navi e delle strutture marine, nonché alla definizione di tecnologie costruttive in campi innovativi;*
3. *attività di ricerca applicata orientata alla soluzione delle problematiche progettuali e costruttive poste da determinati tipi di veicoli, impianti e componenti di caratteristiche avanzate o innovative e attività di sviluppo volta a creare prodotti, processi di produzione o servizi nuovi.*

Le particolari competenze possedute dal gruppo di Ricercatori dell'INSEAN, sviluppate nel precedente decennio di attività di ricerca, suggeriscono di orientare lo svolgimento del nuovo programma di ricerca ancora prevalentemente verso ricerche di tipo fondamentale, con progressiva estensione da parte dell'INSEAN dei relativi risultati verso le altre tipologie di ricerca.

Sulla base di tale impostazione, nonché della esigenza di meglio caratterizzare la "idrodinamica numerica" rispetto alla "idrodinamica sperimentale tradizionale", si ritiene opportuno articolare il nuovo Programma Ricerche per il triennio 1991-93 nei due Progetti seguenti:

- Progetto di Ricerca A "Idrodinamica Numerica"
- Progetto di Ricerca B "Idrodinamica Sperimentale"

3.1. Progetto di Ricerca A "Idrodinamica Numerica"

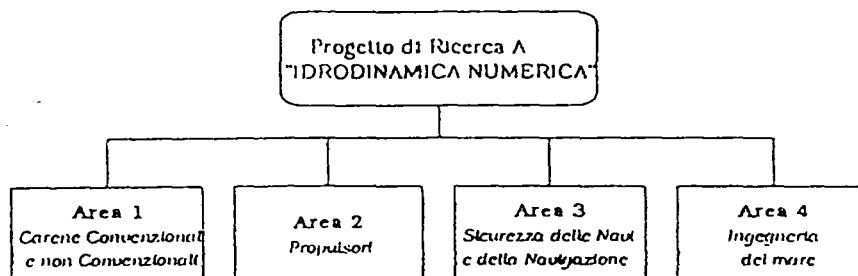


Figura 1: Suddivisione in Aree del Progetto di Ricerca A

I programmi di ricerca precedentemente svolti sono stati caratterizzati da una precisa impostazione metodologica volta all'ottenimento innanzitutto della piena padronanza delle tecniche numeriche. Questo ha permesso all'INSEAN di dotarsi di strumenti di calcolo e contemporaneamente di acquisire ampie conoscenze teoriche di base. La scelta di non utilizzare in questa fase codici esistenti di tipo commerciale, se da una parte ha impedito di produrre immediatamente risultati anche di potenziale interesse per i cantieri navali, dall'altra ha permesso invece di formare ricercatori con una mentalità più critica e obiettiva nei riguardi del grado di efficacia degli strumenti numerici. Il solo uso di programmi commerciali non avrebbe infatti consentito di raggiungere l'attuale livello di confidenza e conoscenza dello strumento numerico, essendo acclarato che è necessario conoscere i limiti di applicabilità dei codici di calcolo, soprattutto se molto potenti, per non incorrere in grossolani errori di previsione.

Il nuovo Progetto di Ricerca A "Idrodinamica Numerica" si propone di applicare gli strumenti numerici, ai seguenti quattro settori di interesse navale, denominati Area 1-4, (vedi Figura 1) ciascuna limitatamente alle indagini a fianco specificate:

- Area 1: "Carene Convenzionali e non Convenzionali" Indagine sul comportamento idrodinamico, con particolare riferimento al calcolo della resistenza totale di multiscafi e carene veloci.
- Area 2: "Propulsori" Indagine sul funzionamento dell'elica e sua interazione con la scia di carena.
- Area 3: "Sicurezza delle Navi e della Navigazione" Indagine sulla stabilità, sulla manovrabilità e sulla tenuta al mare mediante la soluzione di modelli matematici.

Area 4 "Ingegneria del Mare" Analisi delle interferenze fra strutture marine e ambiente circostante nel duplice aspetto di circolazione marina e di sistemi ondosi.

I contenuti delle Aree sono più dettagliatamente definiti nei paragrafi 4 - 7.

3.2. Progetto di Ricerca B "Idrodinamica Sperimentale"

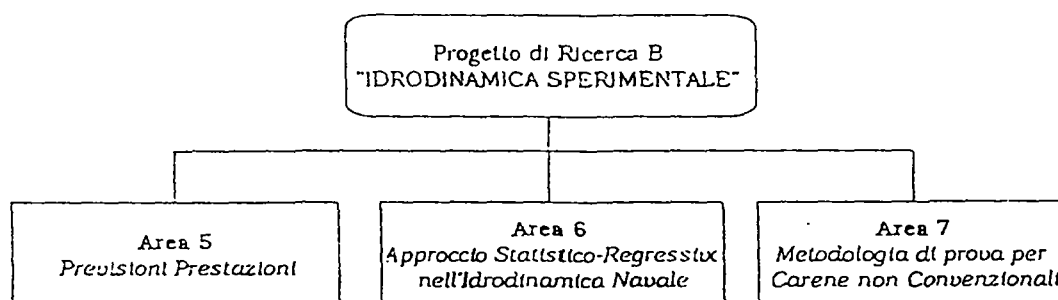


Figura 2: Suddivisione in Aree del Progetto di Ricerca B

Nell'ambito dell'Idrodinamica Sperimentale, i programmi di ricerca svolti in precedenza hanno consentito all'INSEAN di acquisire una base di conoscenza scientifica adeguata allo sviluppo di metodologie innovative, basate su tecniche sperimentali e procedure di analisi più avanzate atte a risolvere il problema della previsione delle prestazioni idrodinamiche delle navi in vera grandezza, partendo da un assai più limitato numero di prove su modello. Tali metodologie necessitano di essere verificate relativamente ai seguenti aspetti:

- validità generale, per qualsivoglia forma di carena e tipo di propulsore;
- compatibilità e comparabilità con le tecniche dell'idrodinamica numerica;
- possibilità di valutazione degli effetti scala senza necessità o con un numero minimo di prove in vera grandezza;
- riduzione di tempi e costi sulle prove modello.

Il Progetto di Ricerca B "Idrodinamica Sperimentale", come illustrato in Figura 2, è quindi articolato nelle tre Aree seguenti:

- Area 5: "Previsioni Prestazioni" Indagine su metodologie sperimentali per previsioni delle prestazioni idrodinamiche delle navi.

- Area 6: "Approccio Statistico-Regressivo nell'Idrodinamica Navale"
Indagine su metodologie statistiche per previsioni delle prestazioni idrodinamiche delle navi.
- Area 7: "Metodologia di Prova per Scafi non Convenzionali"
Affinamento delle tecniche sperimentali per lo studio di fenomeni locali e carene non convenzionali.

I contenuti delle Aree 5, 6 e 7 sono descritti in dettaglio nei paragrafi 8, 9 e 10.

4. Area 1: Carene Convenzionali e non Convenzionali

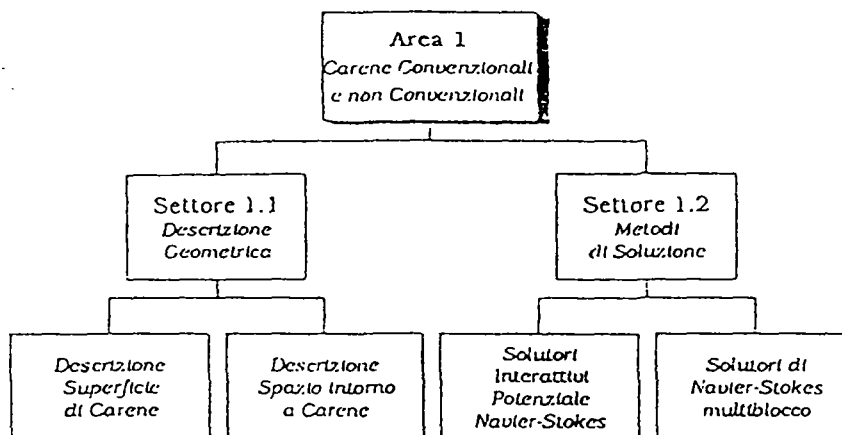


Figura 3. Divisione in temi dell'Area 1: Carene non Convenzionali

Questa Area di ricerca costituisce la naturale prosecuzione del Progetto Strategico "Navi a più elevate prestazioni", sottoprogetto "Idrodinamica, Idroacustica e Idroelasticità Numeriche" del Programma Ricerche 1988-90.

Per lo studio di nuove forme di carena, la fluidodinamica numerica può offrire un valido supporto alla progettazione. Infatti, se lo studio di scafi convenzionali può essere convenientemente portato avanti con metodi tradizionali i cui risultati finora ottenuti possono ritenersi incoraggianti, il progettista navale trova notevoli difficoltà quando, per la natura innovativa del caso in esame, l'esperienza o le banche dati a sua disposizione non sono in grado di offrire risposte adeguate alla soluzione del problema che si presenta. Allo stato attuale anche la fluidodinamica numerica, sebbene si sia rivelata utile per la comprensione di fenomeni di base nel settore dell'idrodinamica navale, non è ancora in grado di offrire uno strumento di immediata applicabilità per l'analisi di nuove geometrie di carena, quali quelle relative a carene convenzionali aventi rapporti dimensionali e coefficienti inusuali e a carene non convenzionali. Ciò è dovuto al fatto che la natura stessa della metodologia in essa implicata richiede all'utilizzatore la descrizione dello spazio in termini di una trasformazione di coordinate, la cui traduzione in pratica può rivelarsi estremamente laboriosa nei casi in cui la geometria di carena non sia relativamente semplice. Un altro grande limite alla diffusione della fluidodinamica numerica, come strumento di largo uso nella progettazione navale, è attualmente posto dai tempi di calcolo richiesti per ogni singola prova, anche con l'utilizzo di

strumenti di calcolo molto potenti. Infatti una descrizione sufficientemente accurata del dominio di calcolo implica un numero molto elevato di punti in cui vengono definite le incognite del problema. Gli attuali calcolatori di corrente uso, sebbene in possesso di memorie RAM (memoria centrale) sufficienti al trattamento di problemi di dimensioni notevoli, come quelli che si incontrano in settori di interesse navale, hanno velocità di calcolo limitate rispetto alle esigenze dei progettisti. Per avere un'idea del tempo necessario all'analisi di un problema navale complesso, si consideri che la soluzione del flusso intorno ad una geometria di carena che presenti, per esempio, delle alette stabilizzatrici e un bulbo, può richiedere anche quindici giorni di calcolo, se si desidera una soluzione sufficientemente affidabile. A questo va aggiunto il tempo necessario alla discretizzazione dello spazio computazionale, che è difficilmente quantificabile in quanto dipende in maniera determinante dall'abilità e dalla sensibilità del progettista che utilizza il codice di calcolo. Si cerca di superare tali difficoltà sia migliorando le procedure algoritmiche utilizzate, sia usando dei modelli semplificati rispetto a quelli descritti dalle equazioni di Navier-Stokes, che simulino accuratamente alcuni aspetti di interesse per la comprensione del fenomeno complessivo. Ad esempio modelli con fluidi non viscosi che prevedono il rilascio di vorticità si prestano bene per lo studio di carene non convenzionali, tipo aliscafi TSL.

Si è ritenuto opportuno suddividere l'Area di ricerca in oggetto in due sotto-aree, ognuna delle quali sia dedicata ai due problemi specifici accennati, e cioè una dedicata alla descrizione geometrica della superficie di carena e del dominio di calcolo e un'altra dedicata ai solutori dei modelli basati sulle equazioni di Navier-Stokes o dei modelli semplificati da esse dedotti. Si propongono quindi le seguenti due tematiche di ricerca (vedi Figura 3) articolate come sotto specificate:

1. Descrizione geometrica

- descrizione superficie di carena;
- descrizione dello spazio circostante;

2. Metodi di soluzione

- solutori interattivi potenziale-Navier Stokes;
- solutori di Navier Stokes multiblocco.

4.1. Descrizione Geometrica

La descrizione accurata della geometria della carena è fondamentale per ottenere una simulazione numerica del flusso attorno ad essa che sia soddisfacente per il progettista. Tale descrizione, che nel caso di carene nude è relativamente semplice, può essere assai laboriosa quando si devono trattare carene con appendici o multicarene. Per semplificare questa problematica una delle tecniche più usate è quella denominata *Decomposizione del Dominio*. I metodi di descrizione più usati consistono nella suddivisione della carena in porzioni di superficie rappresentate mediante NURBS (Non Uniform Rational B-Spline), sulle quali viene costruito un reticolo superficiale. Analogamente lo spazio circostante può essere suddiviso in blocchi con topologia esaedrica sui quali è possibile costruire un reticolo strutturato. In questo ambito l'INSEAN ha già fatto alcune esperienze per particolari casi di studio che possono essere estese a casi più aderenti alle realtà progettuali.

Pertanto gli obiettivi relativi a questo settore sono:

- 1.1.1. Generatore automatico del reticolo di superficie per carene di geometria complessa.

Il risultato di questo obiettivo sarà:

1. Un programma che generi automaticamente il reticolo della superficie di una carena di geometria complessa usando funzioni B-Spline.

- 1.1.2. Generatore automatico del reticolo nello spazio circostante la detta carena.

Il risultato di questo obiettivo sarà:

1. Un programma che generi automaticamente la discretizzazione dello spazio circostante una carena di geometria complessa mediante una suddivisione in blocchi strutturati con topologia esaedrica.

4.2. Metodi di Soluzione

Nell'ambito delle complesse problematiche che si intendono affrontare in questo Settore, è necessario disporre di modelli teorici che siano aderenti alle realtà che essi intendono rappresentare: di solutori efficaci dal punto di vista dei tempi di calcolo. Alcuni solutori con queste caratteristiche sono stati sviluppati all'INSEAN per carene di forme semplici e prive di appendici e

propulsori. Per estendere questi algoritmi al caso in cui si vogliono trattare carene descritte con la tecnica della *Decomposizione del Dominio* è necessario predisporre delle tecniche algoritmiche che vengono denominate *Multiblocco*.

Pertanto gli obiettivi relativi a questo settore sono:

1.2.1. Sviluppo di solutori di Navier-Stokes efficienti dal punto di vista computazionale.

I risultati di questo obiettivo saranno:

1. Un programma per la risoluzione intorno ad una carena delle equazioni di Navier-Stokes mediate secondo Reynolds con la tecnica *Multiblocco*.
2. Un programma per la risoluzione intorno ad una carena delle equazioni di Navier-Stokes mediate secondo Reynolds con la tecnica *Full MultiGrid*.

1.2.2. Sviluppo di solutori interattivi flusso esterno potenziale con flusso viscoso in prossimità della carena.

Il risultato di questo obiettivo sarà:

1. Un programma per il calcolo della formazione ondosa attorno a una carena che tenga conto degli effetti viscosi in prossimità della carena e nella scia.

1.2.3. Studio della formazione ondosa e della resistenza d'onda per multicarena.

Il risultato di questo obiettivo sarà:

1. Un programma per il calcolo della formazione ondosa attorno a una multicarena validato mediante confronto con dati sperimentali di modelli in scala.

4.3. Collaborazioni

Gli Enti che hanno manifestato il desiderio di collaborare all'Area di Ricerca 1, sono: Università di Roma "La Sapienza", Università di Trieste, Università di Genova, CETENA.

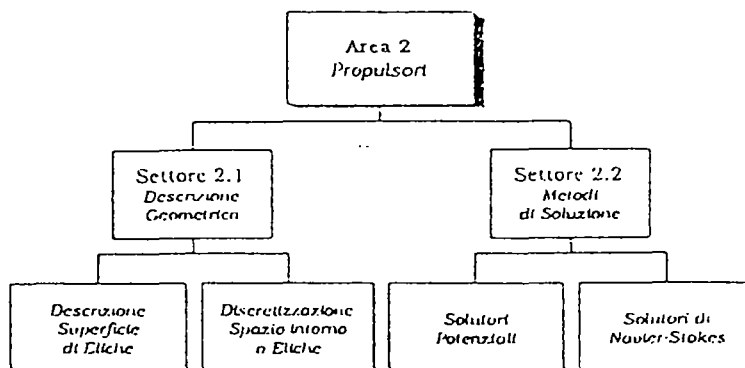
5. Area 2: Propulsori

Figura 4. Divisione in temi dell'Area 2: Propulsori

Negli ultimi anni si è assistito ad un notevole sviluppo di metodi numerici anche per lo studio del propulsore, grazie al notevole potenziamento dei mezzi di calcolo.

Tuttavia si è ancora lontani dalla soluzione del fenomeno globale di accoppiamento elica-carena. Infatti, pur essendo il problema propulsore-flusso comune a notevoli applicazioni ingegneristiche (quali ad es. eliche di aeroplani, rotori di turbine, rotori di elicotteri) l'elica navale presenta una notevole complicazione aggiuntiva dovuta al fatto di operare nella scia di carena, in condizioni di una mutua interazione, ovvero con il flusso in ingresso che modifica il funzionamento dell'elica, e con il funzionamento dell'elica che condiziona a sua volta il flusso in ingresso. Quest'ultimo, che dovrebbe essere uno dei dati di progetto del propulsore, è il risultato dell'interazione flusso-carena-appendici.

Numerosi studi, su base sperimentale, hanno indagato sulla influenza delle forme di carena sulla scia in corrispondenza dell'elica. Suddividendo schematicamente le forme poppiere nelle due categorie ad U ed a V, si è trovato che navi mono-elica con forma ad U, a causa dei vortici generati dal ginocchio che creano un rimescolamento tra le zone a bassa e quelle a più alta velocità, presentano una scia in cui i picchi di velocità sono molto più contenuti rispetto a quelli che si ritrovano in una scia di nave con forme a V, con effetti positivi anche sulla cavitazione.

È evidente pertanto che un accurato studio dell'idrodinamica del propulsore non può prescindere dalla completa conoscenza di quanto avviene intorno alla carena ed alle appendici, anzi dovrebbe considerarsi un unico modello comprensivo sia della carena, che delle appendici e del propulsore.

Il problema si presenta allo stato attuale come uno dei più complessi in relazione ai tempi di calcolo attualmente necessari con i calcolatori disponibili. L'INSEAN, dopo aver affrontato in

modo soddisfacente la risoluzione numerica del flusso intorno alla carena priva di appendici, ritiene di poter avviare una prima indagine anche sul complesso fenomeno della propulsione. Per il futuro sviluppo dell'attività di ricerca si propongono le seguenti tematiche, che in questa fase prescindono dal fenomeno della cavitazione, ritenendo che possa essere affrontato quando si renderanno disponibili risultati soddisfacenti sull'elica non cavitante:

- descrizione della geometria del propulsore;
- discretizzazione del campo esterno;
- determinazione della scia di carena tridimensionale in presenza di appendici;
- determinazione del funzionamento dell'elica in una scia assegnata;
- risoluzione globale del problema di accoppiamento elica-carena.

Con queste premesse si è articolato il programma di attività dell'Area 2 (vedi Figura 4), in cui vengono trattati in modo parallelo sia le problematiche legate alla descrizione della geometria sia quelle proprie degli algoritmi solutori.

5.1. Descrizione Geometrica

Un problema comune a tutte le applicazioni di CFD è la discretizzazione del dominio mediante una griglia che sia regolare per la convergenza dello schema numerico ed efficace ad ottenere una discreta accuratezza della soluzione. Nel caso del propulsore, ed ancor di più nel caso della interazione elica-carena, è necessario disporre di codici per la generazione di griglie notevolmente più accurati di quelli utilizzati per la discretizzazione delle carene. Infatti le problematiche insorgono nella descrizione delle zone particolarmente critiche della pala di un'elica, quali i bordi di entrata e di uscita, l'estremità e l'attacco della pala al mozzo. Molti ricercatori negli ultimi anni hanno tentato varie soluzioni tra le quali la più promettente sembra essere quella che consente una modellazione interattiva della griglia a partire dall'offset della pala.

Pertanto gli obiettivi relativi a questo settore sono:

2.1.1. Generatore automatico di reticolo sulla pala dell'elica.

Il risultato di questo obiettivo sarà:

1. Un programma che generi automaticamente il reticolo della superficie di un'elica usando funzioni B-Spline, partendo dai dati geometrici in formato INSEAN o FINCANTIERI.

2.1.2. Generatore automatico di reticolo nel dominio fisico che include il propulsore.

Il risultato di questo obiettivo sarà:

1. Un programma che generi automaticamente il reticolo nel dominio fisico intorno a un'elica.

5.2. Metodi di Soluzione

L'idrodinamica del propulsore, intesa come interazione elica-carena, è molto più complessa da affrontare in modo globale rispetto a quella dei singoli elementi, elica e carena, considerati separatamente. Questo è il motivo fondamentale per cui esistono soltanto pochi tentativi in tal senso, nei quali sono stati utilizzati quasi sempre solutori di tipo *Reynolds Averaged Navier Stokes* (RANS), e comunque con risultati promettenti ma ancora non soddisfacenti. In attesa di ulteriori sviluppi in tal senso molti progettisti fanno uso di *metodi a superficie portante*, in cui la pala dell'elica è vista come una superficie portante ed il flusso è assunto essere potenziale. Non potendosi trascurare la componente viscosa del flusso, si introducono delle correzioni basate su dati sperimentali. Questi metodi hanno il vantaggio di richiedere modeste capacità di calcolo, ma presentano ancora problemi sia per i lembi di entrata e di uscita sia nel caso di propulsori dotati di notevole *skew*.

Al momento gli obiettivi perseguiti dalla ricerca, relativi a questo settore, sono:

2.2.1. Solutori di Navier-Stokes in sistemi di riferimento rotante.

Il risultato di questo obiettivo si concretizzerà nella realizzazione di:

- Un programma per la risoluzione delle equazioni di Navier-Stokes mediate secondo Reynolds in sistemi rotanti per un'elica operante in un flusso stazionario e uniforme.

2.2.2. Solutori potenziali con sviluppo di scia in sistemi rotanti.

Il risultato di questo obiettivo sarà:

- Un programma per la risoluzione delle equazioni del modello potenziale con scia in un sistema rotante.

5.3. Collaborazioni

Gli Enti che hanno manifestato il desiderio di collaborare all'Area di Ricerca 2, sono: Università di Genova e CETENA.

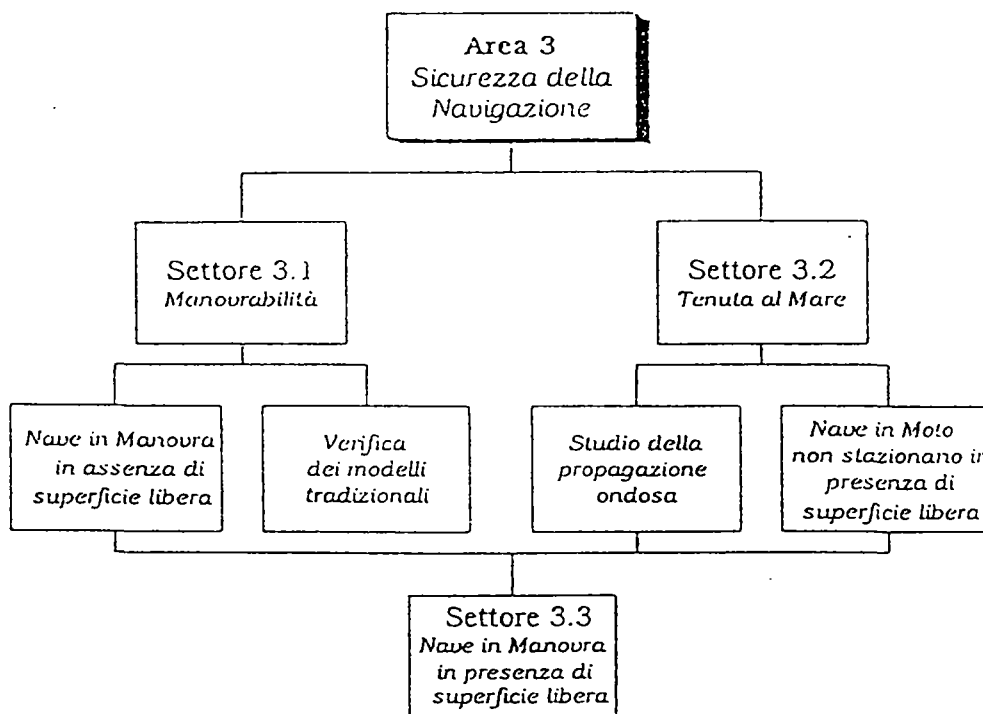
6. Area 3: Sicurezza delle Navi e della Navigazione

Figura 5. Divisione in temi dell'Area 3: Sicurezza della Navigazione

In questa Area ci si propone di applicare le tecniche della fluidodinamica allo studio di talune problematiche navali rilevanti agli effetti della sicurezza del veicolo marino.

Il trasporto marittimo ha sempre rivestito una funzione primaria nelle attività umane e, per ovvi motivi, la scelta di forme di carene quanto più efficienti possibili sotto l'aspetto della propulsione è stato tradizionalmente il principale obiettivo del progettista navale. Solo di recente l'enfasi si sta spostando sulla "Sicurezza della Nave e della Navigazione", problema che va acquistando un ruolo più rilevante negli interessi della comunità internazionale, come mostrato dalle ultime raccomandazioni della International Maritime Organization (IMO), che per la prima volta ha fissato "standard di manovrabilità". In quest'ottica assume rilevante interesse la possibilità di valutare, già nella fase preliminare del progetto, la sicurezza della nave sia in manovra che in mare agitato con tecniche numeriche o con prove su modelli.

L'approccio al problema della previsione del comportamento dinamico della nave, tramite i metodi della CFD, deve necessariamente tenere conto del particolare ambiente in cui il natante è

chiamato ad operare, essendo il movimento della nave il complesso risultato dell'interazione fra il corpo stesso ed il fluido che lo circonda; le stesse prestazioni dei singoli organi di controllo (elica, timone, ecc.) possono essere interpretate in termini di azioni idrodinamiche esercitate sulla loro superficie dall'acqua circostante. Più in particolare il flusso attorno ad una carena in manovra è caratterizzato dalla scia sviluppata a valle della carena stessa che costituisce l'aspetto fondamentale dell'idrodinamica della manovrabilità. Lo studio della generazione di tale struttura vorticosa e della sua complessa evoluzione è pertanto essenziale per la previsione dei moti nave. Tale fenomeno è intrinsecamente non lineare, non stazionario ed il suo studio costituisce un approccio razionale "all'effetto memoria", ossia alla dipendenza delle forze idrodinamiche dalla storia del moto della nave.

D'altra parte, il movimento di una nave, qualunque sia la sua velocità, genera sempre in risposta un moto ondoso, necessariamente associato a forze agenti sulla carena. Più in generale, la presenza delle onde, siano esse generate dal movimento stesso della nave, oppure da agenti esterni, influenza le caratteristiche di manovrabilità della nave, la sua stabilità e l'efficienza degli organi di controllo, comportando la necessità di una continua azione di governo della nave stessa. Per tale motivo, dal punto di vista della sicurezza, l'influenza principale della superficie libera deve essere ravvisata nella non stazionarietà delle forze scambiate fra fluido e strutture; tale dipendenza dal tempo costituisce un ulteriore elemento dell'effetto memoria che, come nel caso dei moti di ormeggio e dei moti di manovra in acque ristrette, può essere predominante su quello legato al rilascio di vorticità. Inoltre l'energia irradiata tramite la generazione di onde rappresenta in talune circostanze il meccanismo predominante per lo smorzamento dei moti nave.

L'indagine sugli aspetti idrodinamici fondamentali rilevanti agli effetti della sicurezza dei veicoli marini, descritta dettagliatamente nel seguito, si sviluppa secondo due contemporanee linee di ricerca (vedi Figura 5). Nella prima (*Manovrabilità*) si studia il rilascio di vorticità associato ai moti di manovra supponendo trascurabile la deformazione della superficie libera. Nella seconda (*Tenuta al Mare*) il problema del moto di una nave viene affrontato considerando esclusivamente l'interazione con la superficie libera e supponendo nulli gli effetti dovuti alla scia. Nella fase finale della ricerca l'integrazione dei metodi sviluppati nei due settori consentirà lo studio del flusso intorno ad una nave in manovra in presenza di effetti di superficie libera e di scia.

6.1. Manovrabilità

Il movimento di una nave in manovra è accompagnato dalla produzione di vorticità che, trasportata a valle, costituisce la scia della nave. E' possibile mostrare che le forze scambiate fra fluido e carena sono esattamente calcolabili una volta noto il campo di vorticità, pertanto lo studio del moto di un veicolo marino in manovra può essere effettuato tramite l'analisi della generazione e dell'evoluzione della scia. Scopo fondamentale di questa parte della ricerca è quindi la definizione e la costruzione di un modello di simulazione non stazionario per lo studio del flusso attorno ad una carena in manovra che consenta di descrivere l'evoluzione non lineare della vorticità rilasciata nel campo dalla nave stessa.

In una prima fase il lavoro di ricerca avrà natura essenzialmente metodologica, necessaria alla definizione di un modello che rappresenti un giusto compromesso fra accuratezza nella soluzione del modello matematico ed efficienza computazionale. Successivamente si procederà alla validazione del modello e della procedura di calcolo tramite confronti con soluzioni analitiche, se disponibili, e dati sperimentali relativi a configurazioni di flusso relativamente semplici.

Verificate le proprietà numeriche del modello ed accertatane la capacità a descrivere con ragionevole approssimazione i flussi attorno a corpi in manovra si darà luogo alla seconda fase del programma di ricerca sviluppando due categorie di applicazioni. In primo luogo si applicherà il modello fluidodinamico alla simulazione numerica delle prove di manovrabilità (prove in vasca rettilinea, al braccio rotante ed al meccanismo del moto piano) e verrà sviluppato lo studio dell'effetto della presenza del fondale o delle pareti di un canale e dell'interferenza con altri veicoli marini. Infine si giungerà alla previsione numerica della traiettoria di una nave libera di muoversi sotto l'azione delle forze idrodinamiche e di alcune azioni che simulano la presenza degli organi di controllo (timone, elica, ecc.).

Successivamente il modello fluidodinamico ed i risultati ottenuti nella fase prima descritta verranno utilizzati per sviluppare un'analisi critica dei modelli di manovrabilità tradizionali, prevalentemente basati sul concetto di dipendenza quasi stazionaria delle forze idrodinamiche dal moto della nave. In tali modelli si utilizza una descrizione semi empirica delle azioni idrodinamiche caratterizzata dall'uso dei coefficienti di stabilità (derivative) o più in generale da un insieme di parametri dedotti sperimentalmente. In questa fase della ricerca si effettuerà il confronto delle traiettorie previste dal modello fluidodinamico e quelle valutate per mezzo dei modelli quasi stazionari, in cui i coefficienti di stabilità verranno dedotti non più sperimentalmente ma tramite la simulazione numerica delle prove di manovrabilità. Lo scopo è quello di studiare l'importanza dell'effetto memoria, trascurato nei modelli semplificati, nel caso di manovre estreme e, se possibile, giustificare da un punto di vista idrodinamico le tecniche sperimentali comunemente

adottate per la determinazione dei coefficienti di stabilità utilizzati nei suddetti modelli quasi stazionari.

6.2. Tenuta al Mare

L'evoluzione delle onde sulla superficie marina e la loro interazione con lo scafo di una nave costituisce il tema di questa seconda linea di ricerca e rappresenta, come già sottolineato, l'insostituibile complemento alla manovrabilità nei problemi di sicurezza della navigazione. Anche in questo caso la prima parte dell'attività di ricerca è indirizzata allo sviluppo di un modello matematico idoneo per lo studio dei fenomeni non lineari di superficie libera e alla più opportuna metodologia per risolverlo. Pertanto l'attenzione sarà inizialmente rivolta verso gli aspetti fondamentali della propagazione di onde in assenza di corpi o in presenza di corpi semplici e la soluzione di problemi bidimensionali e tridimensionali consentirà sia la validazione della tecnica numerica sia l'approfondimento della dinamica delle onde di superficie libera.

Successivamente il problema tridimensionale della resistenza d'onda non stazionaria e non lineare nel caso di disturbi immersi in prossimità della superficie libera consentirà una prima validazione della metodologia tramite il confronto con risultati ottenuti, per il problema stazionario, con tecniche già sviluppate presso l'INSEAN. Questo studio prelude a quello del caso più concreto di una nave in moto di avanzamento non uniforme, in presenza di onde. In particolare si considererà inizialmente il problema linearizzato e si studierà la possibilità di estendere il modello al problema non lineare esatto.

L'obiettivo finale del programma di ricerca è la descrizione del moto di una nave che manovra in presenza di onde. Quindi nella fase conclusiva del lavoro di ricerca i modelli per la manovrabilità e la tenuta al mare, sviluppati separatamente secondo quanto sopra descritto, verranno integrati fra loro per lo studio del moto di una nave in manovra sotto l'influenza della superficie libera.

Pertanto gli obiettivi relativi all'Arca 3 sono:

- 3.1.1. Studio del flusso tridimensionale attorno a navi in manovra, in assenza di effetti di superficie libera, tramite solutori non viscosi rotazionali.

Il risultato sarà un codice di calcolo relativo al modello sviluppato che verrà applicato all'analisi dei due seguenti problemi:

1. Moto di una nave in acque illimitate. Lo scopo è quello di studiare il comportamento non lineare della vorucità, la sua influenza sulle azioni idrodinamiche e l'effetto memoria.