

SINTESI DEL LAVORO

TESI DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA NAVALE:

“Il trasporto passeggeri nella Laguna di Venezia: studio per un'imbarcazione di nuova generazione a ridotto impatto ambientale”

L'eco-sostenibilità dei trasporti è, ad oggi, argomento di estremo interesse, specialmente se a rischio vi sono beni unici e di inestimabile valore, qual è la città di Venezia che, con la sua laguna, fa parte del patrimonio mondiale dell'UNESCO. Nel lavoro di tesi si studierà una nuova generazione di imbarcazioni per il trasporto pubblico di passeggeri nella Laguna di Venezia, in grado di navigare nel rispetto dell'ambiente. La rotta prevista per la nuova imbarcazione è la “Linea Arancio” di Alilaguna S.p.A. Tale tratta collega il Terminal Aereoportuale Marco Polo a Piazza San Marco a Venezia. I mezzi che percorrono questa linea passano di fronte a Murano, per proseguire poi nel Canale di Cannaregio, nel Canal Grande e concludendo la rotta davanti alla maestosa piazza San Marco. La soluzione ottimale per il raggiungimento di un elevato standard di mobilità in chiave ecosostenibile è rappresentata dai mezzi a propulsione ibrido-elettrica. Sulle imbarcazioni attualmente operanti, le batterie devono essere affiancate da un motore endotermico, capace di garantire maggiore autonomia di navigazione. L'obiettivo sarà, perciò, massimizzare l'utilizzo del motore elettrico alimentato dalle batterie, in modo da ridurre le emissioni inquinanti, sia dal punto di vista ambientale che acustico. Ciò renderà gli spostamenti rispettosi dell'ambiente circostante e piacevoli per i passeggeri, che potranno così godere delle bellezze del paesaggio.

Prima di iniziare, è d'obbligo approfondire il contesto in cui la nuova imbarcazione si inserirà. Per questo motivo la prima parte della tesi sarà dedicata ad un'analisi della Laguna di Venezia, con particolare attenzione alle unità navali per trasporto passeggeri già presenti in queste acque. Seguirà un excursus dedicato al trasporto pubblico, poiché la tratta scelta per il profilo operativo di riferimento riguarda proprio questa categoria di trasporti.

Si procederà con l'analisi delle imbarcazioni ibride operanti nella Laguna. Una valutazione di questo tipo è fondamentale per determinare le tecnologie disponibili, le potenzialità della propulsione elettrica e per confrontare i risultati cui si giungerà.

Non è possibile sviluppare un'imbarcazione di nuova generazione senza lo studio delle norme e dei regolamenti vigenti, poiché essi impongono precisi standard inerenti la progettazione ingegneristica e la navigazione stessa. Qualora non venissero soddisfatti i requisiti minimi, qualsiasi sforzo risulterebbe fine a se stesso, poiché peculiarità dell'ingegneria è proprio la realizzazione pratica di idee innovative.

Il lavoro analizzerà, quindi, la morfologia della Laguna. In ambito navale è, infatti, di fondamentale importanza stabilire, sin dai primi stadi della progettazione, un profilo calato nel teatro operativo. Il fine è quello di ottimizzare le caratteristiche del mezzo studiato, si tratti di garantire un corretto dimensionamento piuttosto che una giusta autonomia o adeguate dotazioni di bordo. Nel caso di Venezia, ad esempio, a seconda della tratta prescelta, cambieranno i requisiti e le caratteristiche dell'imbarcazione.

Verrà infine presentata la nuova imbarcazione, risultato del lavoro di ricerca. Si forniranno le stime preliminari relative a resistenza e propulsione e si proporranno soluzioni per gli impianti e le disposizioni interne. Si descriveranno i passaggi effettuati per la realizzazione di questo studio. Per prima cosa verranno presentati il design, il piano di costruzione e i piani generali, che descrivono la disposizione e le capacità dell'unità, oltre che la sua estetica. Con il disegno dello scafo, basato su sezioni e linee d'acqua, si stimerà la resistenza al moto. A queste previsioni, condotte anche per i fondali limitati, seguiranno le considerazioni riguardanti l'accoppiamento elica-motore, in grado di permettere all'imbarcazione di sviluppare la velocità richiesta. Attraverso ciò si giungerà, quindi, ad un'ultima descrizione dettagliata dei componenti imbarcati a bordo, con particolare attenzione all'impianto di propulsione. Infine, verrà simulato l'utilizzo reale del mezzo durante la giornata, dando maggiore rilevanza ai momenti in cui la propulsione è affidata alle batterie. Questo è il percorso che ho seguito nel mio lavoro di ricerca.

Al termine di suddetto lavoro, con riferimento agli obiettivi iniziali sopracitati, si può affermare che ha portato a risultati soddisfacenti ed interessanti, anche dal punto di vista applicativo. È stato fondamentale, per la riuscita del lavoro, curare la ricerca fin dalle prime fasi, con uno studio attento e preciso dal punto di vista dell'ingegneria navale. Uno scafo opportunamente studiato ha, per esempio, portato ad una considerevole riduzione della resistenza al moto, se paragonato alle attuali imbarcazioni in utilizzo sulla medesima tratta. La potenza richiesta è stata ridotta quasi del 70% durante la navigazione alla velocità di 7 km/h e del 30% in quella

alla velocità di 20 km/h. I risultati, quindi, confermano la puntualità della scelta di uno scafo semidislocante, derivante dalle valutazioni effettuate sul profilo operativo.

Gli approfondimenti della morfologia della Laguna di Venezia e della navigazione in acque limitate hanno permesso di stimare gli effetti idrodinamici che si manifestano nelle stesse. Tra tutti, gioca a favore il fatto che la potenza richiesta alle velocità supercritiche in fondali limitati è inferiore rispetto a quella necessaria per mantenere la stessa andatura in fondali infiniti.

Per ottenere le previsioni circa la potenza è stato necessario sviluppare un nuovo metodo, che potesse avvalersi di risultati empirici ma la cui validità non fosse limitata alle velocità subcritiche. L'applicazione di metodi teorici avrebbe, infatti, portato ad un errore non trascurabile nei risultati. Ciò ribadisce l'importanza della sperimentazione in ambito ingegneristico, che, se opportunamente correlata a metodi matematici, consente di ottenere risultati attendibili ed innescare processi di ottimizzazione fin dalle fasi preliminari della definizione di un'imbarcazione.

Ottimizzare lo scafo riducendo la resistenza ha significato limitare contemporaneamente l'onda formata dallo stesso. L'adozione dello *spray rail* (un particolare tipo di spigolo, qui inglobato nello scafo) ha consentito l'abbattimento dell'onda, contenendo ulteriormente l'impatto sull'ambiente circostante.

È stato fondamentale aver chiaro, fin dalle prime fasi della ricerca, quali fossero tutti i requisiti dell'imbarcazione; ciò ha reso possibile uno studio completo e bilanciato. A titolo di esempio valga la semplice, ma adeguata, soluzione per la predisposizione degli spazi destinati ai bagagli dei passeggeri. Nelle altre imbarcazioni per il trasporto pubblico, infatti, i bagagli vengono collocati in punti che possono intralciare il passaggio, rendendo così difficoltosi i movimenti e penalizzando la sicurezza.

Relativamente all'adozione di un impianto di propulsione ibrido-elettrica si può affermare che, a differenza dei mezzi ibridi attualmente naviganti in laguna, l'imbarcazione oggetto di questa ricerca non impone vincoli o limitazioni al servizio per il quale è destinata. Negli altri casi analizzati, invece, si è constatato che l'utilizzo delle batterie come fonte energetica imponeva andature a velocità limitate nonché autonomie estremamente ridotte. La presente ricerca, al contrario, ha dimostrato la possibilità di utilizzare le batterie come fonte unica di energia, prevedendo le ricariche necessarie durante le fasi di sosta tra una tratta e l'altra. Inoltre, la riduzione della resistenza al moto, ha permesso di sfruttare l'alimentazione a batterie anche

per la navigazione alla velocità di 20 km/h, senza raggiungere regimi di scarica superiori a quelli imposti dal produttore degli accumulatori utilizzati.

Il motore diesel imbarcato, obbligatorio dal momento che l'imbarcazione è dedicata al trasporto passeggeri, garantisce la potenza necessaria a raggiungere la velocità di emergenza di 30 km/h; qualora si proceda a velocità inferiori, offre l'energia necessaria alla ricarica delle batterie. Oltre a questo, è considerato una dotazione di sicurezza, utile qualora ci fossero dei malfunzionamenti negli accumulatori.

L'adozione della propulsione elettrica ha consentito di abbattere notevolmente l'inquinamento acustico e ambientale. Il rumore emesso diventa, come nel caso delle automobili ibride, praticamente impercettibile. I valori delle emissioni di gas nocivi sono stati fortemente ridotti: l'anidride carbonica è stata dimezzata rispetto all'uso del motore diesel¹. Per adeguarsi alle nuove restrizioni e per adottare le nuove tecnologie disponibili, non essendo ragionevole sostituire periodicamente il motore endotermico, l'unica valida opzione è risultata essere l'uso dell'energia elettrica proveniente dalla rete nazionale. Ciò equivale a non diffondere emissioni sul luogo in cui l'imbarcazione opera e, allo stesso tempo, permette di beneficiare, di anno in anno, dei miglioramenti dell'intera filiera che genera l'energia elettrica. Le relative emissioni hanno avuto una evidente diminuzione negli ultimi due decenni, sostenute da un crescente interesse nei confronti delle energie rinnovabili e dei sistemi innovativi.

Il continuo sviluppo tecnologico, in questo caso inerente alle tecnologie ibride, ha supportato la diffusione di sistemi sempre più eco-compatibili. Si pensi, a tal proposito, ai prototipi delle nuove batterie, che hanno il doppio della capacità a parità di peso e di ingombro, oltre che una maggiore affidabilità.

Sarà interessante notare come queste innovazioni influiranno sulla revisione delle normative vigenti da parte dei registri navali. Giunti a questo punto, sarebbero meritevoli ulteriori approfondimenti. Ad esempio, si potrebbero condurre delle prove in vasca, anche nel caso di fondali limitati. In un secondo momento, si potrebbero effettuare dei rilievi al vero per quanto riguarda le emissioni e la formazione ondosa. Andrebbe approfondito anche il design delle sovrastrutture, al fine di armonizzarlo ancor più con la nuova carena. Infine, nei prossimi anni, si potranno esplorare nuove tecnologie per la propulsione, come ad esempio le celle a combustibile. Il futuro riserva, certamente, scenari interessanti.

¹ considerando le emissioni della filiera della produzione di energia elettrica in Italia

In conclusione, si può affermare che la presente ricerca ha raggiunto gli obiettivi prefissati e ha, altresì, messo in luce l'importanza dell'innovazione attuata su più fronti; occorre, infatti, una collaborazione trasversale tra tutti i campi di ricerca.

Personalmente, il motivo che mi ha spinto ad intraprendere tale ricerca applicativa risiede nella consapevolezza che solo uno sguardo lungimirante verso l'ecosostenibilità, può consentire un progresso autentico e puntuale. Concludo con una citazione, che riassume l'intento di questo mio lavoro.

«Non basta conciliare, in una via di mezzo, la cura per la natura con la rendita finanziaria, o la conservazione dell'ambiente con il progresso. Su questo tema le vie di mezzo sono solo un piccolo ritardo nel disastro. Semplicemente si tratta di ridefinire il progresso. Uno sviluppo tecnologico ed economico che non lascia un mondo migliore e una qualità di vita integralmente superiore, non può considerarsi progresso».

(Laudato Si' - Papa Francesco)