

Trasporto marittimo e GHG: la sfida della transizione

Il trasporto marittimo rappresenta un elemento essenziale del commercio e dell'economia mondiali: le navi mercantili muovono infatti il 90% delle merci di tutto il mondo.

Nonostante i progressi degli ultimi anni, il trasporto marittimo continua a esercitare numerose pressioni sull'ambiente fra cui l'emissione di gas ad effetto serra (GHG): a livello mondiale esso genera circa il 3% delle emissioni climalteranti mentre a livello europeo è responsabile del 13,5% delle emissioni di GHG di tutto il settore dei trasporti, valore di poco inferiore a quello registrato per il trasporto aereo (14,4%) (ENI, EMSA).

Prosegue quindi la ricerca di nuove soluzioni per decarbonizzare il comparto.

IL COMPARTO

Nel trasporto marittimo si riconoscono due grandi insiemi: quello delle navi che seguono linee regolari e quello delle navi che compiono trasporti occasionali. Nel primo caso le navi operano su rotte precise e fanno scalo sempre negli stessi porti, presso cui attraccano in giorni e ore fisse, secondo un calendario predefinito; la nave – generalmente un cargo o una portacontainer – assicura il servizio per conto di numerosi clienti, ognuno dei quali affitta uno spazio. Nel secondo caso la nave offre il trasporto per un unico cliente, secondo precise esigenze circa i porti e le date di carico e di scarico; al termine di ogni missione la nave dovrà trovare un nuovo contratto.

La crescita della flotta mondiale si è realizzata attraverso due distinti periodi di “gigantismo navale”: il primo ha modificato le dimensioni delle petroliere e delle portarinfuse negli anni 1950-1980, il secondo ha riguardato le portacontainer dopo il 1980. In entrambi i casi il principio è identico: la massificazione permette di realizzare delle economie di scala che si traducono nella riduzione dei costi di trasporto e in una maggiore competitività (Lacoste R. e Cariou P., 2008).

Mentre le portacontainer costruite nel periodo 1970-1980 hanno lunghezze di 217-290 metri e larghezza di 32 metri, quelle di ultima generazione hanno lunghezza di 400 metri e larghezza di 60 metri (Wikipedia).

Come noto, il container presenta il vantaggio di poter essere trasportato alla meta finale su gomma o su rotaia (trasporto intermodale) e ciò anche grazie al fatto che le sue dimensioni sono state standardizzate in unità di misura del sistema britannico: si tratta di un parallelepipedo di larghezza e di altezza fisse e di due lunghezze standard: 20 piedi (610 cm) e 40 piedi (1220 cm); dalla standardizzazione dimensionale, e quindi volumetrica, del container deriva la modalità di valutare la capacità di carico di una nave portacontainer in moduli TEU (Twenty-foot Equivalent Unit) (Wikipedia).

Nel 2022 la classifica delle compagnie marittime mondiali vedeva la compagnia italo-svizzera MSC in prima posizione sia per consistenza della propria flotta

(716 navi) sia per traffico di merci, con 4.601.709 di TEU (uomini e trasporti).

La classifica dei porti, invece, nel 2021 era guidata da Shanghai con 47.025.000 container movimentati nell'anno, seguita da Singapore e dal porto cinese di Ningbo (ShipMag).

Anche i porti, spesso inseriti in zone urbane, contribuiscono alle emissioni generate dal trasporto marittimo; si riconoscono in particolare emissioni prodotte dalle navi in sosta e durante le manovre all'interno del polo portuale, e quelle prodotte dagli operatori portuali e dai veicoli leggeri e pesanti in transito nel porto (asvis).

Come detto, circa il 90% dei volumi del commercio globale avviene per mare; ciò consuma 4 milioni di barili di petrolio al giorno (corrispondente al 4% della produzione mondiale): i combustibili fossili coprono ancora il 98% del fabbisogno totale di carburanti delle navi (valori).

LE STRATEGIE

Come primo passo importante, nel 2015 l'Unione Europea ha adottato il regolamento sul monitoraggio, la comunicazione e la verifica delle emissioni di anidride carbonica generate dal trasporto marittimo (Regolamento UE 2015/757). MRV (Monitoring, Reporting, Verification) è un sistema obbligatorio applicabile alle navi sopra le 5.000 tonnellate di stazza lorda che percorrono una o più tratte commerciali (merci o passeggeri) da e verso i porti

dell'Unione, indipendentemente dalla loro bandiera. Dal 2018 la raccolta dei dati sulle emissioni è stata messa a regime e la loro analisi consente di redigere rapporti ambientali come l'[European Maritime Transport Environmental Report 2021](#) (rina).

Per le politiche a livello europeo è necessario rifarsi al pacchetto *Pronti per il 55%*, che si riferisce all'obiettivo di ridurre le emissioni nette di gas a effetto serra di almeno il 55% entro il 2030; il pacchetto contiene le proposte destinate sia a

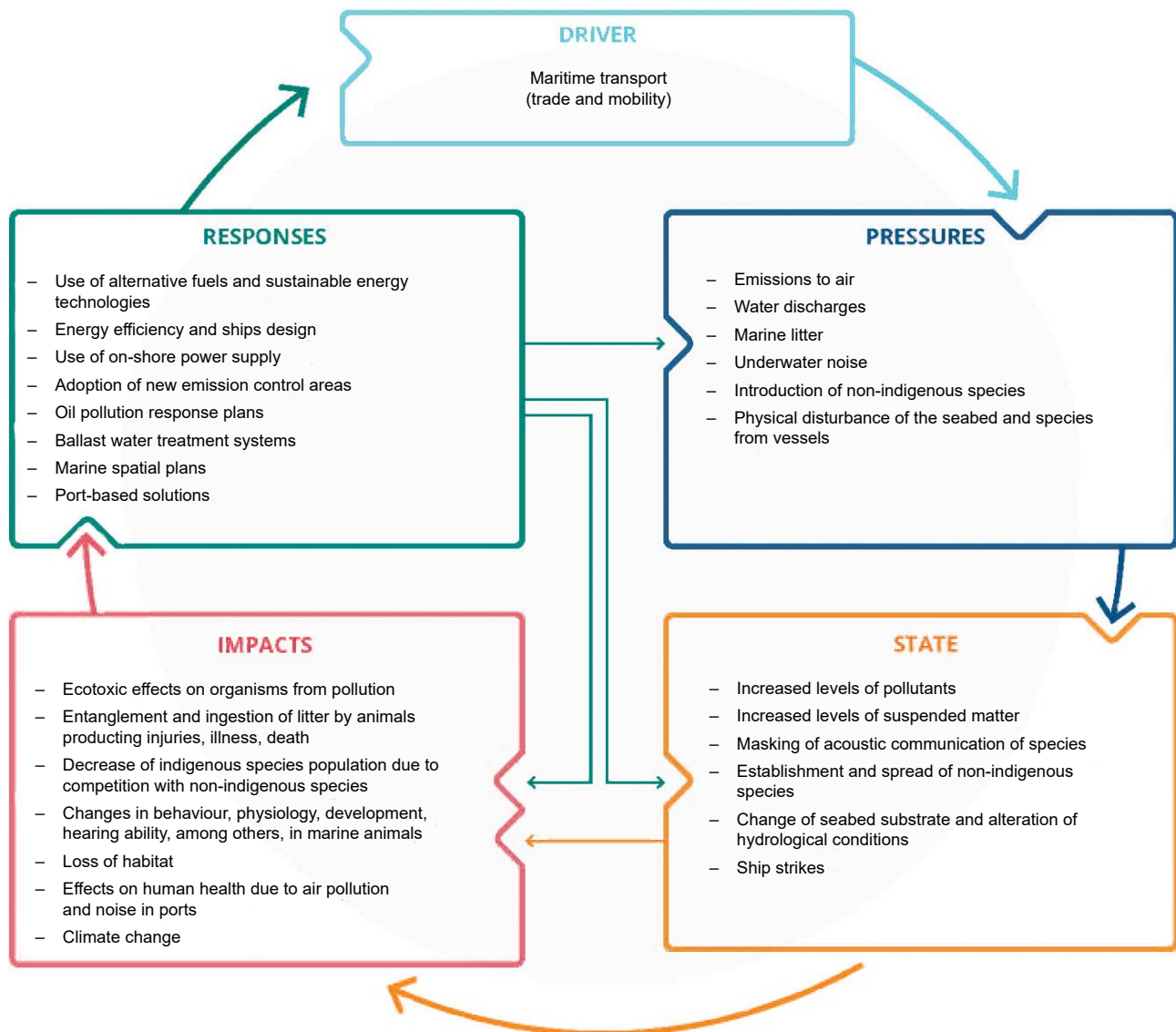
rivedere e aggiornare le normative europee sia ad avviare nuove iniziative per raggiungere gli obiettivi climatici dell'UE ([ConsiliumA](#)).

Di tale pacchetto fa parte l'iniziativa *FuelEU Maritime*, adottata nel luglio del 2023 e finalizzata alla decarbonizzazione del trasporto marittimo.

FuelEU Maritime si pone l'obiettivo di aumentare la domanda e l'uso di combustibili rinnovabili e a basse emissioni di carbonio, garantendo nel contempo il buon funzionamento del traffico marit-

timo e senza creare distorsioni nel mercato interno. Esso contiene numerose disposizioni, fra le quali gli incentivi per sostenere l'utilizzo di combustibili rinnovabili di origine non biologica e l'obbligo per le navi di collegarsi all'alimentazione elettrica da terra durante l'ormeggio in banchina ([ConsiliumB](#)).

Recentemente l'IMO (International Maritime Organisation, un'agenzia delle Nazioni Unite) ha adottato la *Strategia IMO 2023* sulla riduzione delle emissioni di gas serra delle navi ([IMO](#)).



DPSIR framework for maritime transport. Source: [EEA/EMSA \(2021\)](#)

La Strategia si pone l'ambizioso obiettivo di raggiungere l'azzeramento delle emissioni delle navi entro il 2050 e prevede una serie di obiettivi intermedi: rispetto alle emissioni del 2008 raggiungere almeno il 20% di riduzione entro il 2030 (puntando però al 30%) e almeno il 70% di riduzione entro il 2040 (puntando però all'80%).

Fra le misure indicate si annoverano l'adozione di carburanti a basso contenuto di carbonio e il miglioramento dell'efficienza energetica delle navi.

La Strategia si prefigge di mantenere in equilibrio la riduzione delle emissioni e la sicurezza/efficienza delle operazioni marittime; essa deriva inoltre dal bilanciamento delle esigenze dei diversi Stati nonché di quelle del settore privato, dei produttori di combustibili e delle aziende di logistica al fine di garantire che le soluzioni proposte risultino realisticamente praticabili ([Logistica](#)).

LE STRADE PERCORRIBILI

Le emissioni di GHG dovute al trasporto marittimo possono essere ridotte abbandonando l'olio combustibile pesante e il diesel marino per passare a combustibili privi di carbonio (*zero-carbon fuels*); scartato l'elettrico, che da solo non è in grado di sviluppare potenze utili a movimentare navi di grandi dimensioni, l'attenzione dei ricercatori si è rivolta ai gas e i candidati più promettenti sono ammoniaca e idrogeno ([marinecue](#)).

L'ammoniaca può essere utilizzata come carburante per motori a combustione interna (ICE) e pile a combustibile (Fuel Cells); può essere facilmente liquefatta sottoponendola alla pressione di circa 8-9 bar a temperatura ambiente e presenta una densità energetica maggiore di quella dell'idrogeno (significa che immagazzina più

energia a parità di volume) ([Fuel](#)).

Essa presenta caratteristiche vantaggiose quali: l'alto contenuto di idrogeno (elemento importante per la produzione di energia nei motori ICE e nelle Fuel Cells), la densità (quattro volte superiore a quella dell'idrogeno, caratteristica che facilita il suo trasporto e stoccaggio), il numero di ottano (compreso fra 110 e 130, valore che la rende un ottimo carburante per i motori ICE modificati), è più sicura in quanto disperde rapidamente nell'atmosfera, è rilevabile grazie al suo odore e ha un ristretto intervallo di infiammabilità ([Martinelli A., 2023](#)).

Per essere uno *zero-carbon-fuel* l'ammoniaca deve essere prodotta in un processo che utilizzi elettricità da fonte rinnovabile: si parla così di "ammoniaca green".

L'ammoniaca green è considerata il carburante che potrebbe entrare nel mercato in tempi relativamente brevi e offrire una soluzione duratura a emissioni di carbonio prossime allo zero nell'uso diretto sulla nave e probabilmente nell'intero processo di produzione e consegna del carburante a bordo; i progetti navali sono però complicati dalle problematiche legate alla tossicità della molecola e ai rischi connessi, anche se gestibili ([Huffingtonpost](#)).

La buona realizzabilità di questa transizione risiede anche nel fatto che l'ammoniaca è una materia prima già molto commercializzata: ciò elimina la necessità di creare ex novo le infrastrutture per produrla, trasportarla, riceverla nei porti, distribuirla e stoccarla ([wired](#)).

Concretamente sono state avviate molte sperimentazioni tecnologiche, e il primo sistema di propulsione navale a quattro tempi con alimentazione ad ammoniaca è stato lanciato sul mercato da un'industria finlandese nel 2023 ([hydronews](#)).

Il mondo della ricerca continua ad investire anche sull'idrogeno, utilizzabile sia nelle pile a combustibile sia in motori a combustione interna modificati.

L'idrogeno non è una fonte energetica vera e propria bensì è un vettore energetico, cioè una sostanza che deve essere prodotta e raccolta a partire da una forma di energia precedente; l'idrogeno è infatti assente sulla Terra in forma molecolare ([Wikipedia](#)).

Il processo oggi più impiegato per la sua produzione consiste nella scomposizione di un idrocarburo in elementi più semplici; fra i prodotti della scomposizione vi è però anche l'anidride carbonica, che deve essere catturata per garantire un processo sostenibile: in questo caso si ottiene "idrogeno blu" mentre se la CO₂ non viene catturata si ottiene "idrogeno grigio", che rappresenta il 90% dell'idrogeno prodotto ([Finardi M., 2023](#)). "Idrogeno verde" si ottiene solo per elettrolisi dell'acqua ed esso è sostenibile al 100% solo se l'elettricità utilizzata per produrlo è stata ottenuta da fonti rinnovabili ([Bertelè F., 2022](#); [Enel](#)). Un'ultima tipologia emergente è quella del "bio-idrogeno", per la produzione del quale si sfruttano le capacità di alcuni microrganismi in processi quali la fermentazione in assenza o presenza di luce, la fotosintesi, la digestione anaerobica o i sistemi bio-ibridi; la sua produzione si basa completamente su fonti rinnovabili quali rifiuti solidi e acque reflue. La produzione di idrogeno biologico è ai primi passi e sarà dunque necessario superare numerose sfide prima di disporre di una soluzione commerciale praticabile ([microbiologiaitalia](#), [Teke G.M. et al., 2024](#)).

Il limite principale dell'uso dell'idrogeno come combustibile risiede nello stoccaggio.

L'idrogeno è caratterizzato

da un'elevata densità di energia per unità di massa e da una scarsa densità energetica volumetrica a pressione atmosferica: ciò significa che è necessario concentrarlo per rendere il suo immagazzinamento più efficiente. Può essere stoccato in forma gassosa compressa, ma i serbatoi risultano voluminosi e pesanti; in forma liquida, ma deve essere mantenuto a temperatura inferiore a -253 °C; stoccato in materiali solidi e quindi non più come sostanza pura.

Lo stoccaggio a bordo nave è particolarmente sfidante: da un lato è necessario immagazzinare grandi quantità di idrogeno sulla singola imbarcazione, sottraendo spazio sia al vano motore sia al carico pagante, dall'altro le operazioni di rifornimento del combustibile richiedono tempi molto lunghi (Van Hoecke L. *et al.*, 2021).

Essendoci grande incertezza relativamente alle tecnologie e ai carburanti del futuro, ultimamente stanno prendendo piede le navi a doppia alimentazione, cioè in grado di funzionare con carburanti sia convenzionali sia alternativi (circularmobility).

Gli armatori si stanno comunque muovendo anche su altri fronti: una compagnia di Singapore ha deciso di adottare l'energia eolica per alimentare una nave portarinfuse. La *Berge Olympus* è stata equipaggiata con quattro moduli eolici in materiale composito alti 37,5 metri e larghi 20: essi possono essere regolati separatamente per ottimizzare le prestazioni aerodinamiche della nave; le turbine eoliche trasmettono l'energia generata direttamente all'albero motore, che va a fornire energia elettrica al motore principale. La nave è dotata anche di un generatore da 1MW, alimentato dal motore principale, che fornisce elettricità all'intera imbarcazione. Questa innovazione permette alla

Berge Olympus di risparmiare fino al 20% di carburante al giorno su una rotta media mondiale e di ridurre quindi le emissioni di gas serra. La nave è stata noleggiata da un gruppo minerario brasiliano e navigherà fra Brasile e Cina (Futuroprossimo, Marketscreener).

Un'altra iniziativa interessante per la decarbonizzazione è quella dei Corridoi Marittimi Verdi (*Green Shipping Corridors* o GSC): essi sono considerati uno strumento essenziale per avviare la transizione del settore marittimo e sono stati presentati nella Dichiarazione di Clydebank nel 2021.

Questi corridoi sono specifiche rotte commerciali tra porti in grado di supportare soluzioni a emissioni nulle grazie a un quadro politico, normativo, d'incentivazione finanziaria e fiscale, di servizi e di forniture che può favorire l'impiego di navi e tecnologie sostenibili (Valori).

Un GSC interessante è quello che collega Los Angeles a Shanghai: corrisponde a una delle rotte container transpacifiche maggiormente trafficate a livello globale (nove servizi settimanali di compagnie di navigazione internazionali fra i due porti; traffico container fra loro che ha superato 1,3 milioni di TEU nel 2022). I principali obiettivi per questo corridoio riguardano l'introduzione graduale di navi meno impattanti, lo sviluppo delle migliori pratiche di gestione delle imbarcazioni e dei porti, e la decarbonizzazione della catena di approvvigionamento per migliorare la qualità dell'aria delle due grandi città.

Un altro GSC importante è rappresentato dal collegamento fra Australia e Giappone, incentrato sul trasporto di minerali di ferro. Nel 2019 sono stati trasportati 65 milioni di tonnellate di minerali bruciando –direttamente e nelle soste intermedie– circa 550.000

tonnellate di olio combustibile, equivalenti a 1,7 milioni di tonnellate di anidride carbonica emessa. Per quanto riguarda la tipologia di carburanti, questo corridoio intende usare principalmente ammoniaca verde; si stima che sarà necessario utilizzare 41 navi appositamente costruite per decarbonizzare il commercio fra le due nazioni (Valenti D., 2023).

Dal 2024, infine, il Sistema europeo di scambio di quote di emissione di gas a effetto serra (EU ETS) – il principale strumento adottato dall'Unione europea per raggiungere gli obiettivi di riduzione dei gas serra nei principali settori industriali e nel comparto dell'aviazione – verrà esteso anche al trasporto marittimo.

Come noto, il meccanismo ETS fissa un tetto massimo complessivo alle emissioni consentite sul territorio europeo nei settori interessati, cui corrisponde un equivalente numero di quote (1 tonnellata di CO₂ eq. = 1 quota) che possono essere acquistate/vendute su un apposito mercato; ogni operatore (industriale/aereo/marittimo) cui lo schema si applica deve compensare su base annuale le proprie emissioni effettive (verificate da un soggetto terzo indipendente) con un corrispondente quantitativo di quote. Il quantitativo complessivo di quote disponibili per gli operatori diminuisce nel tempo, imponendo di fatto una riduzione delle emissioni di gas serra nei settori ETS (mase).

I nuovi obblighi per il trasporto marittimo verranno introdotti progressivamente: nella prima fase (dal 2024) saranno soggette le navi di stazza lorda pari o superiore a 5000 tonnellate sia merci che passeggeri; seguiranno, dal 2025, le navi da carico e le navi offshore di stazza lorda inferiore a 5000 tonnellate ma non inferiore a 400 tonnellate e, dal 2027, le navi

offshore di stazza lorda pari o superiore a 5000 tonnellate ([mase](#)). Il meccanismo si applica al 100% delle emissioni delle navi che navigano fra porti degli Stati membri mentre si applica al 50% delle emissioni delle navi che effettuano tratte fra un porto di uno Stato membro e un porto fuori dall'Unione ([mglobale](#)).

Nel processo di decarbonizzazione del trasporto marittimo rivestono un'enorme importanza anche i porti e tutta la logistica collegata.

Normalmente in porto, durante la sosta in banchina, vengono spenti i motori di propulsione della nave e accesi quelli ausiliari per assicurare i servizi di bordo come l'illuminazione, il riscaldamento e il raffrescamento o le operazioni di carico/scarico: ciò comporta il consumo di combustibile nonché la produzione di rumore e vibrazioni.

Una soluzione tecnologica per ridurre l'emissione di inquinanti dalle navi in porto è il *cold ironing*, cioè la fornitura da terra dell'energia elettrica necessaria a bordo. Per fornire energia elettrica alle navi occorre elettrificare le banchine attraverso una linea generalmente connessa alla rete elettrica nazionale; la riduzione delle emissioni da combustione è garantita dal fatto che le emissioni del parco elettrico sono inferiori a quelle dei generatori delle navi sia grazie al maggior rendimento energetico delle centrali sia grazie

alla sempre maggior quota di energia prodotta da fonti rinnovabili.

Il *cold ironing* può ridurre anche l'impatto acustico del porto, generato dal rumore prodotto giorno e notte da navi, gru, operazioni di carico e scarico, cantieri navali, camion e treni.

La maggior parte dei porti non è ancora attrezzata con dotazioni di *cold ironing* e solo poche navi sono predisposte per ricevere energia elettrica da terra, ma molte amministrazioni portuali si stanno attivando in questo senso; la complessità maggiore nel realizzare le infrastrutture dedicate al *cold ironing* risiede nella diversità delle imbarcazioni da servire in termini di potenza e frequenza dell'energia elettrica fornita nonché in termini di connessione e interfaccia (ad esempio: altezza e posizione dell'attacco sulla nave e lunghezza dei cavi necessari).

La diffusione di questa tecnologia è ostacolata soprattutto dalla dimensione degli investimenti che vanno sostenuti sia dal sistema portuale che dagli armatori, sebbene entrambi siano interessati alla decarbonizzazione ([Enel X-Legambiente](#)).

In Italia nel 2021 ha preso avvio il *Piano Nazionale Cold Ironing*, con investimenti di poco inferiori agli 800 milioni di euro e una potenza installata prevista di 712 MW; nella prima fase l'elettificazione riguarderà le banchine a uso di crociere e Ro/Ro-Pax (cioè navi che imbarcano mezzi

pesanti, automobili e passeggeri). Questa iniziativa ricade all'interno del progetto *Porti Verdi* che prevede interventi in materia di energia rinnovabile ed efficienza energetica nei porti finanziati dal PNRR; esempi di interventi sono: l'acquisto di veicoli e imbarcazioni di servizio a emissioni zero, conversione dei mezzi a combustibile fossile, installazione di colonnine di ricarica elettrica, efficientamento energetico degli edifici portuali e rinnovamento degli impianti di illuminazione pubblica ([scienzainrete](#), [e-distribuzione](#)).

CONCLUSIONI

La decarbonizzazione del trasporto marittimo si connota come un problema molto complesso per risolvere il quale sono necessari ingenti investimenti sia su nuove tecnologie e carburanti per la propulsione sia – in prospettiva – per modificare i motori della flotta esistente al fine di garantire adeguate prestazioni tecniche, sia per realizzare le infrastrutture necessarie all'approvvigionamento delle navi, sia per adeguare le strutture portuali alle nuove realtà di distribuzione e stoccaggio. La transizione sembra dunque ancora lontana.

Rossella Azzoni

Informazioni sull'autrice:

Socio fondatore ed ex Presidente CISBA, dirigente biologo in quietanza di ARPA Lombardia.
e-mail: ross.azzoni@yahoo.com