

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI

“FEDERICO II”



SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER

L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

TESI DI LAUREA TRIENNALE

**Assorbimento di SO₂ in scrubber ad acqua di mare per
applicazioni navali**

Relatore:

Chiar.mo prof. Amedeo Lancia

Correlatore:

Ing. Alessandro Erto

Candidato:

Emanuele Marino N49/730

ANNO ACCADEMICO 2019 / 2020

ABSTRACT

L'incremento su scala globale del traffico navale per il trasporto di merci e persone e le misure normative restrittive per le emissioni di specifici inquinanti tra cui SO_2 , ha destato un crescente interesse verso la ricerca di soluzioni che mirino a ridurre le emissioni di tali inquinanti prodotti dai motori a propulsione navale, che nella maggior parte dei casi sono rappresentate dai motori diesel a due tempi. In particolare, desta particolare preoccupazione la produzione di SO_x dovuta molto spesso all'utilizzo di combustibili ad alto tenore di zolfo. Infatti, normative per le emissioni navali attualmente in vigore (MARPOL 73/78, Annex VI) sono sempre più stringenti, e a partire dal 1 Gennaio 2020 i combustibili utilizzati a bordo nave devono avere un basso tenore di zolfo, ossia avere una frazione massica di zolfo pari a 0,5 % (w/w) mentre all'interno delle ECAs (Emission Control Areas), ossia all'interno delle aree delimitate per il controllo delle emissioni navali, il limite scende a 0,1%. Per far fronte a tale problema si possono alimentare i motori navali con combustibili a minore tenore di zolfo riducendo quindi la formazione di SO_x intervenendo a monte del processo, oppure si può realizzare un trattamento di desolfurazione di gas combusti intervenendo a valle del processo di combustione. Il primo approccio che comprende le cosiddette "misure primarie" si basa su processi che mirano a desolfurare il combustibile prima di impiegarlo, quindi cercando di prevenire la produzione di SO_x in combustione utilizzando un combustibile con basso tenore di zolfo. Il secondo approccio comprende invece le cosiddette "misure secondarie", ossia quei processi in cui si trattano i gas di scarico per evitare l'immissione in aria di SO_2 . Le misure primarie rappresentano sicuramente ad oggi le soluzioni maggiormente costose, inoltre, come accennato, le normative impongono il progressivo passaggio all'utilizzo del Marine Diesel Oil, ossia il gasolio di elevatissima qualità e che presenta un contenuto di zolfo pari allo 0,1 % che non può essere ottenuto mediante la riduzione del contenuto di zolfo in un combustibile a più elevato contenuto di zolfo. Infatti, se attualmente è possibile ottenere combustibili con un tenore di zolfo dell'1,50 % a partire da Heavy Fuel Oil (HFO), ossia un combustibile che ha un contenuto di zolfo compreso tra il 2,7-4,5 %, non è possibile ottenere con la stessa operazione un Marine Diesel Oil, quindi di elevatissima qualità. Uno dei problemi sicuramente più importanti attualmente è legato alla reperibilità di tale tipologia di combustibile. Quindi vi è sempre più l'esigenza di sviluppare dei processi che rientrino nella categoria delle "misure secondarie" sempre più efficaci e che possono concorrere in termini di costi con le "misure primarie". In particolare, si è analizzato in tale lavoro un processo di seawater wet scrubbing che sta suscitando sempre più interesse applicativo nell'ambito navale, ossia un processo di assorbimento ad umido per la rimozione di anidride solforosa dai

gas combustibili prodotti dai motori navali mediante l'utilizzo come liquido assorbente dell'acqua di mare. In particolare, tale tecnica rappresenta un processo di assorbimento chimico possibile grazie alle caratteristiche dell'acqua di mare, ossia grazie alla proprietà di alcalinità dell'acqua di mare. Infatti, oltre ai processi di solubilizzazione governati dalla legge di Henry, in tale tipo di assorbimento avvengono anche delle reazioni chimiche, nella fattispecie del tipo acido-base, che coinvolgono le sostanze alcaline, ossia principalmente bicarbonati e carbonati presenti all'interno dell'acqua di mare e i composti che hanno origine a partire dall'anidride solforosa disciolta in acqua. Nell'ambito di tale studio, si è analizzato il modello di assorbimento di anidride solforosa in acqua di mare, definendo il network di reazioni per il decorso di tutti i processi fisici e chimici.

Il seawater scrubbing è una tecnica che migliora assolutamente l'efficienza di rimozione dell'anidride solforosa, consentendo di raggiungere efficienze di rimozione anche del 90% ma la sua applicazione nell'ambito navale attualmente è ancora in fase di realizzazione su larga scala. Infatti, basandoci proprio sulle sperimentazioni eseguite, uno dei problemi legati all'utilizzo di tale tecnica è quello legato all'ingombro dello scrubber a bordo nave. Occorre, di fatto, assicurare un elevato tempo di contatto tra la corrente gassosa da trattare e l'acqua di mare, quindi presentano delle altezze dell'ordine dei 4-5 m. Inoltre l'installazione non è semplice e richiede anche elevati tempi di stazionamento degli imbarchi nei cantieri navali costringendo quindi quest'ultime a non poter svolgere per diverso tempo le proprie funzioni. Ma oltre all'elevata efficienza vi sono comunque dei vantaggi non trascurabili. Tale tecnica sembra appetibile per le seguenti ragioni: facile disponibilità dell'acqua di mare; non ha bisogno di additivi, infatti l'intrinseca alcalinità della acqua di mare è utilizzata come reagente; non genera sottoprodotti, eccetto un debole incremento della concentrazione naturale di solfati nell'acqua di mare. Tali motivi concorrono quindi a considerare il seawater scrubber una possibile valida soluzione che può trovare larga applicazione in futuro a bordo nave al fine di rispettare le normative sempre più stringenti e ridurre drasticamente i costi di intervento.