

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio



Abstract

## Modellazione della dispersione delle emissioni in atmosfera di una nave da crociera ormeggiata nel Porto di Napoli

Relatore

Ch. mo Prof. Fabio Murena

Candidato

Domenico Toscano

Matricola M67/225

Correlatore

Prof. Ing. Benedetto Mele

Anno Accademico 2016/2017

Il presente lavoro di tesi ha per oggetto la modellazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera di una nave da crociera ormeggiata nel porto di Napoli attraverso tre modelli di dispersione: ISC, Calpuff e CFD.

Si è deciso di scegliere come oggetto di studio la Sovereign of the Seas, una nave da crociera della Royal Caribbean International, considerando le emissioni relative alla fase di ormeggio (hotelling).

Nella prima parte di questa tesi, si sono stimate, attraverso una procedura bottom up, le emissioni orarie della Sovereign, in fase di hotelling, in cui c'è il solo utilizzo dei motori ausiliari.

Una volta quantificata l'emissione si sono definite le condizioni meteo. Si sono considerati i mesi Aprile, Maggio, Giugno, Luglio, Agosto, Settembre e Ottobre in cui il traffico crocieristico risulta essere più intenso rispetto agli altri mesi dell'anno. Di ognuno di questi mesi, si è costruito un giorno tipo che consiste nell'attribuire a ciascuna ora del giorno un valore del parametro meteo calcolato come media, o come valore più frequente, dei valori misurati in quell'ora nel mese.

Dai giorni tipo dei diversi mesi si sono elaborati i file meteo, che insieme ai valori delle emissioni, la velocità e la temperatura di uscita dei fumi, l'altezza e il diametro del camino, con le caratteristiche della griglia di calcolo, sono stati dati in input ai vari modelli.

Dalle simulazioni effettuate con ISC si è verificata l'effetto dell'altezza di mescolamento sui livelli di concentrazione al suolo, l'effetto delle diverse condizioni meteo nei mesi presi in considerazione, e si sono confrontati i valori ottenuti con i limiti di legge e con i dati di monitoraggio disponibili.

In particolare per quest'ultimo punto i valori massimi ottenuti dalle simulazioni sono stati confrontati, per quanto riguarda la SO<sub>2</sub>, con i valori di una campagna di monitoraggio ottenuta con campionatori passivi, da cui è emerso un contributo percentuale significativo delle emissioni della Sovereign, sui livelli al suolo, pari a circa 15%.

Per quanto riguarda NO<sub>2</sub> e PM10 il confronto è stato effettuato direttamente con i limiti di legge in quanto rappresentativi dei livelli di concentrazione normalmente registrati. In

questo caso il contributo delle emissioni della Sovereign è modesto e pari a qualche punto percentuale.

La simulazione ottenuta con Calpuff, con l'utilizzo degli stessi file meteo di ISC, ha fornito un risultato molto simile a quello di ISC. Ciò è dovuto principalmente al fatto di non aver potuto utilizzare un file meteo tridimensionale e un file contenente l'orografia del territorio.

Per la simulazione attraverso il modello CFD si è proceduto dapprima ad una definizione tridimensionale del dominio di calcolo. Dalla planimetria del porto di Napoli, attraverso il preprocessore Gambit, si è costruito il dominio di calcolo esteso per 2 km nel piano orizzontale e 1 km nel piano verticale, contenente i volumi dei palazzi, accorpati in blocchi.

Attraverso il software ICEMCFD si è generata la mesh, poi tramite Fluent, si è proceduto al calcolo, considerando i seguenti dati di input costanti durante la durata della simulazione:

- velocità del vento 2,5 m/s;
- uscita dei fumi 14 kg/s con frazione di massa di SO<sub>2</sub> pari a  $2.4 \cdot 10^{-5}$
- Direzione del vento: Sud-Est;
- Temperatura: 433°K.

Dal file di output di Fluent, tramite il programma SURFER, si è generata una mappa dei livelli al suolo che è stata confrontata con quella ottenuta da ISC. Dal confronto emerge che i livelli di concentrazione al suolo ottenuti con CFD sono più alti di quelli ottenuti con ISC e che la simulazione CFD mostra un effetto dovuto alla presenza dei palazzi sulla direzione di dispersione degli inquinanti.

Un risultato interessante è stato ottenuto dalla valutazione, mediante il modello CFD, dell'impatto delle emissioni sulle facciate dei palazzi vicini al porto. Infatti, si sono ottenuti valori di concentrazione che possono raggiungere anche livelli prossimi al limite di legge per questo inquinante (SO<sub>2</sub>).

In conclusione i risultati ottenuti indicano che il contributo delle emissioni di una singola nave da crociera può essere significativo relativamente alla sola SO<sub>2</sub>. Mentre è poco significativo relativamente a NO<sub>2</sub> e PM10.

Il contributo delle emissioni navali potrebbe diventare significativo anche per questi inquinanti, qualora si considerassero tutte le navi presenti in porto.

Dal punto di vista metodologico lo studio di impatto delle emissioni navali dell'intero porto di Napoli non può essere effettuato con il modello CFD a causa della complessità nella costruzione del dominio di calcolo e dei tempi di calcolo molto elevati. Il modello Calpuff è invece idoneo a questo scopo ma deve essere impiegato, utilizzando un file meteo tridimensionale e un file contenente l'orografia del territorio.