

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI
“FEDERICO II”

Tesi di Laurea Specialistica in

“Ingegneria per l’Ambiente e il Territorio”

Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Geotecnica ed Ambientale



A.A. 2011/2012

**“CFD METHODS APPLICATION TO THE
UPGRADING OF THE ANAEROBIC DIGESTER OF
THE WWTP IN ONTINYENT-AGULLENT”**

RELATORI

Prof. ing. Carlo Gualtieri

Prof.ra P.Amparo Lopéz Jiménez

CANDIDATO

Vincenzo Morone 324/260

ABSTRACT

Introduzione

Il lavoro di tesi nasce dalla collaborazione scientifica tra l'università Federico II di Napoli, nella persona del Prof. Carlo Gualtieri, e l'università Politecnica di Valencia, nella persona della Prof.ra P. Amparo Lopez Jimenez. In tale ambito, sono state effettuate simulazioni numeriche attraverso l'utilizzo di tecniche CFD (Computational Fluid Dynamics), al fine di valutare un possibile upgrading delle prestazioni del digestore anaerobico dell'impianto di depurazione acque reflue in Ontinyent – Agullent, provincia di Valencia.

Digestione anaerobica

La digestione anaerobica è un processo biologico complesso, per mezzo del quale, in assenza di ossigeno, la sostanza organica presente nei fanghi viene degradata e convertita in biogas, il quale risulta principalmente costituito da metano e anidride carbonica. La digestione anaerobica comporta anche la mineralizzazione dei fanghi i quali risulteranno più stabili. I protagonisti di questo processo sono i batteri anaerobici che sono in grado di sopravvivere e di degradare la sostanza organica in assenza di ossigeno libero.

Digestore anaerobico dell'impianto di trattamento acque reflue di Ontinyent - Agullent

Il digestore in esame è parte fondamentale di un impianto di trattamento di acque reflue nel processo di produzione di biogas. L'impianto è stato costruito nel 1985 ed è situato in Ontinyent – Agullent con una capacità di 100.000 abitanti equivalenti.

Equazioni fondamentali

Le equazioni utilizzate nel lavoro di tesi sono le classiche della fluidodinamica: equazione di continuità, conservazione della quantità di moto e conservazione dell'energia. Siccome il moto è turbolento, per risolvere il problema della chiusura sono state aggiunte due ulteriori equazioni di trasporto. Nello studio è stato utilizzato il modello $k - \epsilon$ standard dove k rappresenta l'energia cinetica turbolenta e ϵ il tasso di dissipazione turbolenta.

Modellazione CFD

CFD (acronimo di Computational Fluid Dynamics) è uno strumento efficiente per comprendere e valutare il comportamento fluidodinamico di un sistema. Questo modello è stato sviluppato utilizzando un software commerciale CFD chiamato Star-CCM+. Il modello risolve numericamente le leggi che governano la dinamica dei fluidi e segue le fasi riportate in Figura 1.1.

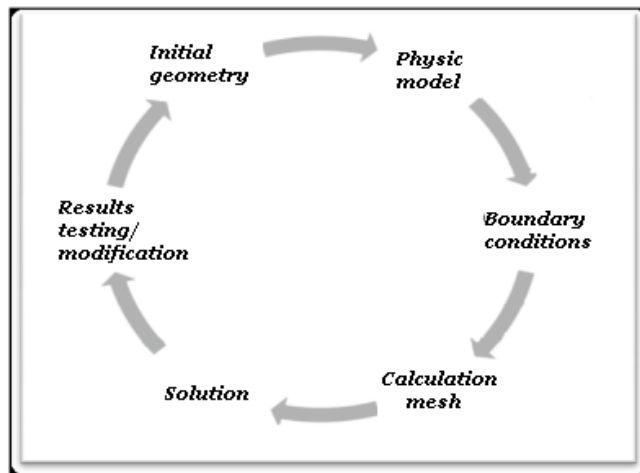


Fig.1.1 – Processi analisi CFD

Calibrazione del modello

In questo lavoro è stata effettuata una calibrazione del modello comparando i valori di pressione e temperatura ricavati dalle simulazioni con quelli che sono stati forniti dal Gruppo “Aguas de Valencia”, unici valori misurati disponibili. Le velocità all’interno del digestore sono state ricavate solo grazie ai risultati del modello CFD, attraverso simulazioni numeriche.

- Calibrazione della pressione:

Sono state effettuate misure di pressione *in situ* che indicano una differenza tra fondo e sommità del digestore di 1.425 bar e la pressione nella tubazione di outlet è di 1.4 bar. Considerando quest’ultima come condizione al contorno, l’andamento della pressione all’interno del digestore è così valutata grazie alla risoluzione di una simulazione numerica, Figura 1.2:

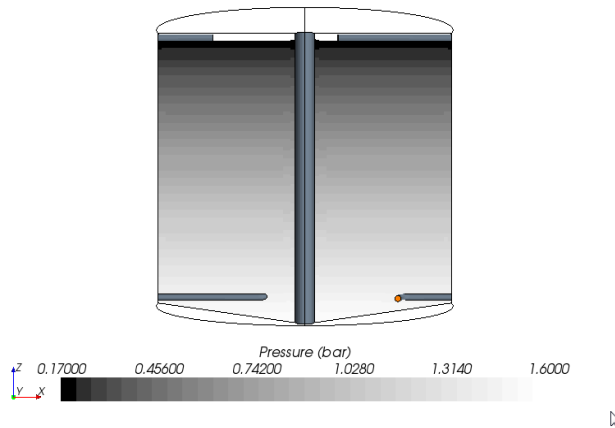


Fig.1.2 – Profilo di pressione all’interno del digestore

In questo caso, la differenza di pressione tra tetto e base del digestore è di 1.43 bar, l’errore in percentuale è di 0.35%, che è ben accettabile per questa sorta di simulazioni.

- Calibrazione della temperatura:

La temperatura del fango durante la digestione è fissata dal Gruppo “Agua de Valencia” ed è pari a 35°C. Per garantire questa temperatura l’azienda impone una temperatura di ingresso di 35,48°C (raggiunta grazie a degli scambiatori di calore esterni).

L’andamento della temperatura all’interno del digestore, mostrato in Figura 1.3.

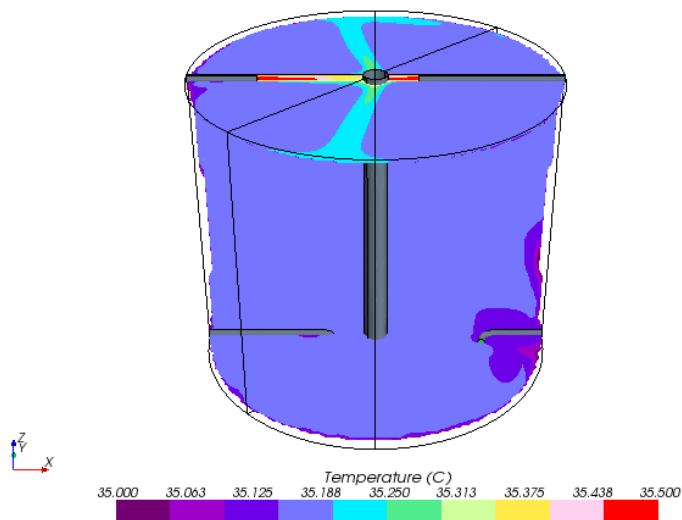


Fig.1.3 – Profilo di temperatura all’interno del digestore

La temperatura valutata all’outlet è 35,17° C e l’errore in percentuale è di 0,48 %. Il modello CFD può essere così validato ed usato per proposte di upgrading.

Proposte di upgrading delle prestazioni del digestore

Il modello calibrato viene utilizzato come modello di riferimento per proposte di upgrading delle prestazioni del digestore. L'azienda che gestisce l'impianto era interessata a ridurre il volume di zone morte aumentando l'efficienza della digestione. Sono state così portate a termine quattro simulazioni per 4 diverse riassunte in questo modo:

- **Simulazione 2.1:** Le tubazioni agli inlet del digestore sono state sostituite da tubazioni della stessa forma e dimensione presenti sulla base del digestore come è possibile osservare in Figura 1.4.

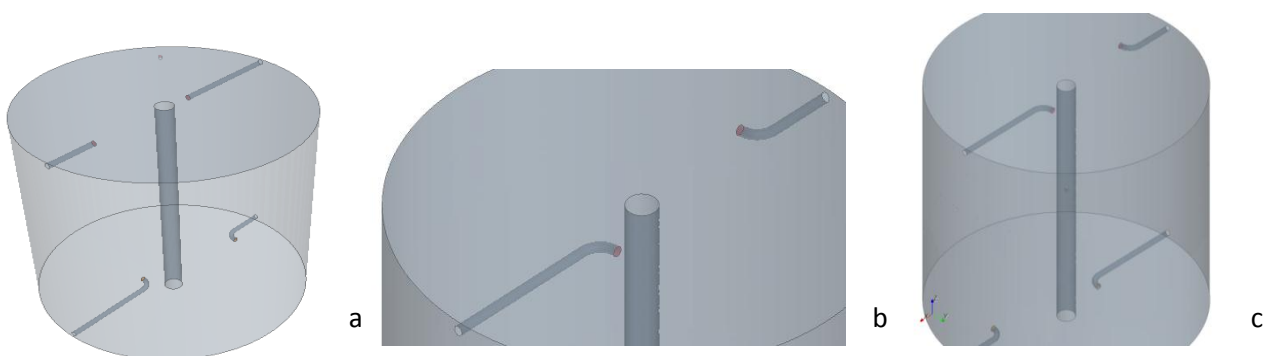
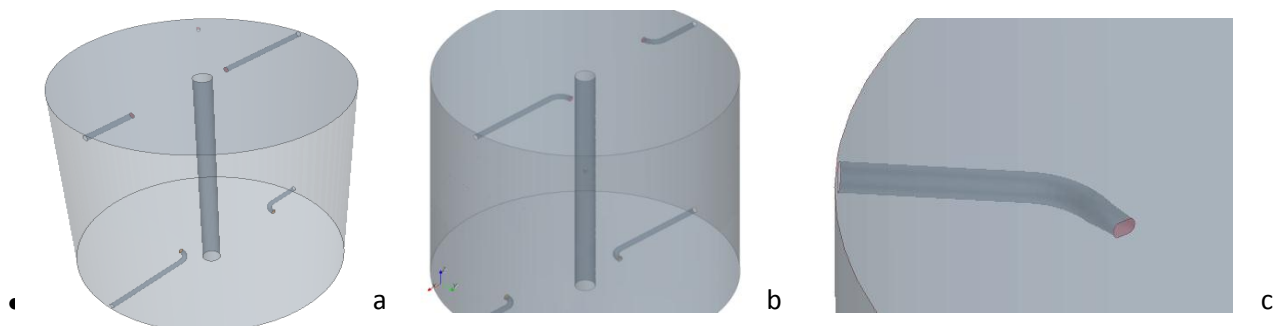


Fig.1.4 –(a) Configurazione iniziale digestore. (b)Nuova configurazione proposta. (c) Dettaglio nuova configurazione proposta nella Simulazione

- **Simulazione 2.2:** Le tubazioni agli inlet sono state sostituite con altre che hanno un angolo di entrata diverso e che presentano un restringimento nel punto in cui il fango fuoriesce. Questo fa sì che anche le velocità di ingresso siano maggiori rispetto alla configurazione iniziale in quanto l'area della tubazione è più piccola.



- *Fig.1.5 –(a) Configurazione iniziale digestore. (b)Nuova configurazione proposta. (c) Dettaglio nuova configurazione proposta nella Simulazione*

- **Simulazione 2.3:** Incrementando la portata in ingresso del 20%
- **Simulazione 2.4:** Diminuendo la portata in ingresso del 20%

Dallo studio sulla calibrazione del modello si è visto che la configurazione iniziale garantisce un buon mescolamento ed una omogeneità della temperatura. Il volume di zone morte calcolato dalle simulazioni per la configurazione iniziale corrisponde al 3,67% del volume totale.

Conclusioni

- Il modello CFD è stato calibrato per il digestore anaerobico del WWTP in Ontinyent-Agullent.
- Sono state effettuate quattro proposte di upgrading per il digestore anaerobico:

Simulation	% Dead zones volume
2.1	-84
2.2	-94
2.3	-52
2.4	62

Tab.1 – Percentuale zone morte nelle diverse simulazioni

Dalla lettura dei risultati in Tabella 1 si evince che tre proposte su quattro danno buoni risultati in termine di riduzione del volume di zone morte. La migliore configurazione proposta è la 2.2, ma nasce l'esigenza di fermare l'impianto per consentire la sostituzione delle tubazioni di ingresso del fango. Un buon risultato lo si può avere anche grazie ad un aumento della portata in ingresso del fango del 20% rispetto a quella iniziale. In questo caso si va intervenire sull'impianto di pompaggio esterno, senza dover fermare l'impianto. Attraverso un'attenta analisi costi-benefici sarà possibile valutare la soluzione migliore.

- Si è dimostrato così che la tecnica CFD applicata a modelli calibrati diventa un ottimo strumento per valutare proposte di upgrading per digestori anaerobici in funzione e per ottimizzare la progettazione di impianti ex novo.