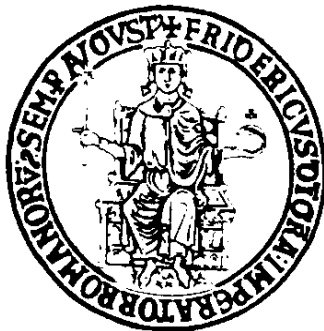


# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

**TESI DI LAUREA**

**“COMPORTAMENTO DI UN IMPIANTO MBBR IN SCALA DI LABORATORIO  
ALIMENTATO CON REFLUI AD ELEVATO TENORE DI COMPOSTI AZOTATI E  
SOTTOPOSTO A VARIAZIONI DI CARICO”**

Relatore

*Ch.mo Prof. Ing. Francesco Pirozzi*

Candidata

*Filomena Sabato  
matricola 324/271*

Correlatore

*Dott.Ing. Luigi Frunzo  
Ing. Vincenzo Luongo*

**Anno Accademico 2013 – 2014**

## Abstract

La recente normativa sulle acque reflue urbane (D. Lgs. 152/06 e successive modifiche) in recepimento della Direttiva della Comunità Europea 91/271/CEE, stabilisce standard restrittivi per lo scarico in corpi d'acqua superficiali, in particolare se appartenenti ad aree identificate come sensibili.

Le acque di scarico presentano caratteristiche differenti in funzione delle fonti di inquinamento da cui provengono, le quali possono essere classificate in:

- fonti naturali, strettamente connesse all'imputridimento di animali o vegetali, al dilavamento di sostanze umiche a seguito dei fenomeni di piena;
- fonti di origine domestica, in genere costituite dagli scarichi urbani caratterizzati da rilevanti contributi di natura organica-biologica oltre che da numerosi agenti chimici che sempre più sono entrati nell'uso quotidiano delle pratiche domestiche;
- fonti di origine agricola, dovute all'utilizzo di concimi di sintesi, spandimento di reflui di origine zootecnica in misura eccedente alle buone pratiche agronomiche o di fitofarmaci distribuiti sulle colture o sui suoli;
- fonti di origine industriale, derivanti dagli scarti o dai sottoprodotti dei cicli produttivi delle diverse industrie;
- fonti da traffico veicolare, dovute alla ricaduta degli inquinati aerodispersi e all'immissione di sostanze tossiche o nocive fuoriuscite dai mezzi di trasporto.

La maggior parte delle acque di scarico risulta essere caratterizzata da elevate concentrazioni di sostanza organica biodegradabile e nutrienti quali azoto e fosforo, di conseguenza per poter essere restituite all'ambiente devono necessariamente essere sottoposte ad un trattamento depurativo. Al fine di adempiere a tale necessità, sono stati sviluppati nel corso degli anni diversi sistemi di trattamento biologico, che essenzialmente imitano i processi naturali coinvolti nell'autodepurazione dei corpi idrici.

Negli ultimi anni, particolare interesse è stato rivolto alle acque ad elevato contenuto di composti azotati. L'immissione di tali flussi inquinanti nell'ambiente, in assenza di appropriati trattamenti depurativi, comporta lo squilibrio del normale ciclo dell'azoto con la conseguente compromissione dei rispettivi ecosistemi causando un peggioramento della qualità dei corpi idrici ricettori, con il manifestarsi di fenomeni quali l'eutrofizzazione.

La forma più diffusa di azoto presente all'interno delle acque reflue è quella ridotta, ossia azoto ammoniacale. La rimozione di tale composto azotato è convenzionalmente effettuata in sistemi a colture sospese tramite un processo sequenziale di nitrificazione/denitrificazione in

cui lo ione ammonio è ossidato e convertito prima a nitrito e poi a nitrato; successivamente i nitrati sono ridotti ad azoto molecolare.

Tali sistemi sono comunemente adoperati per la rimozione di azoto ammoniacale da acque reflue di tipo domestico. Nel caso di reflui ad elevato contenuto di ammoniaca, i convenzionali processi a fanghi attivi comportano elevati costi di gestione per via di una maggiore richiesta di ossigeno e risultano essere molto più sensibili a possibili variazioni di carico e di condizioni operative.

Negli ultimi anni, sono state sviluppate tecnologie innovative per la depurazione di acque reflue ad elevato carico di azoto. Di particolare interesse risultano essere i sistemi che sfruttano biomasse adese a supporti inerti (attached growth systems). Tali sistemi si caratterizzano per la possibilità di operare ad elevati sludge retention time (SRT), in quanto la biomassa non risulta essere soggetta a dilavamento ed inoltre, sono in grado di sopportare meglio gli stress derivanti da variazioni di carico o di condizioni operative e eventuali processi inibenti.

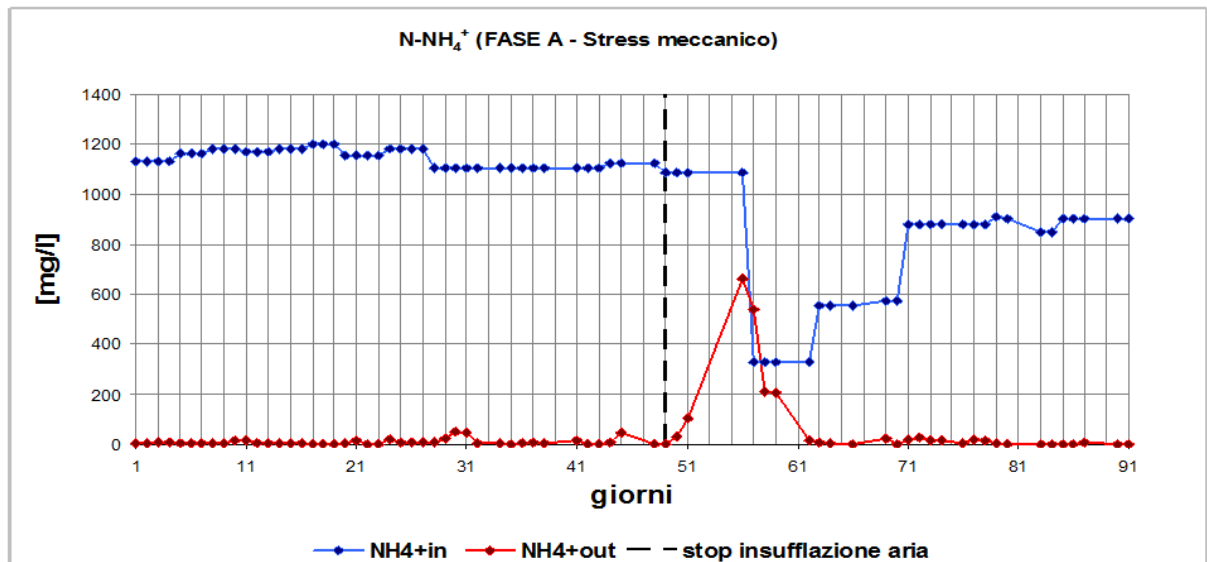
Obiettivo del presente lavoro di tesi risulta essere l'individuazione di un sistema di trattamento biologico in grado di depurare reflui ad elevate concentrazioni di inquinante, che sia, nel contempo, in grado di rispondere e reagire a significative condizioni di stress meccanico e biologico. Nello specifico, è stato adoperato un sistema a biomassa adesa, ad elevata superficie specifica e capacità di trasferimento dell'ossigeno, ovvero un reattore biologico a letto mobile MBBR – (Moving Bed Biofilm Reactors). Con tale tecnologia è possibile realizzare sistemi con biomasse specializzate capaci di garantire notevole versatilità e flessibilità nella fase di gestione. Inoltre, tale soluzione risulta particolarmente adeguata all'upgrading di impianti tradizionali esistenti grazie all'elevata semplicità impiantistica da cui risulta caratterizzato.

Nella sperimentazione condotta presso il L.A.R.A. (Laboratorio di Analisi e Ricerche Ambientali) del Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, si propone di valutare l'efficienza depurativa del sistema alimentato con un refluo sintetico (capace di simulare un refluo reale ad alta concentrazione di azoto e sostanza organica), e sottoposto a diverse condizioni operative.

La sperimentazione è articolata in due fasi distinte. Nel prima (Fase A), l'impianto in scala di laboratorio è stato sottoposto, ad uno stress di natura meccanica, ovvero l'improvviso arresto dell'unità di aerazione a supporto del reattore, con conseguente condizione di instabilità di processo. Il sistema è risultato sensibile a tale intervento, ma ha mostrato altresì un'elevata

capacità di recupero delle condizioni iniziali di regime, in tempi relativamente contenuti rispetto alle convenzionali unità di trattamento biologiche a fanghi attivi.

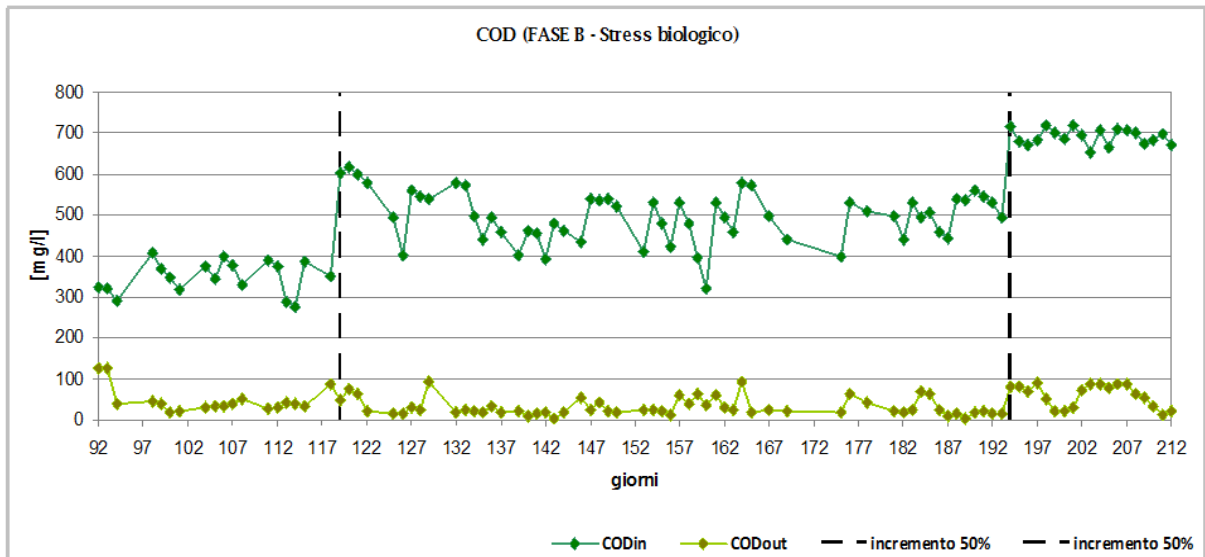
In figura viene mostrato l'andamento delle concentrazioni di azoto ammoniacale nel tempo durante l'attuazione della Fase A appena descritta.



**Figura 1.** – Concentrazioni di azoto ammoniacale in ingresso ed in uscita dal sistema biologico MBBR durante la Fase A.

Il secondo periodo di sperimentazione ha previsto successivi incrementi di carbonio organico somministrato al reattore biologico. Obiettivi di tale fase (Fase B) sono stati, da un lato la valutazione della specifica efficienza depurativa del sistema biologico MBBR all'aumentare del carico organico somministrato al sistema, dall'altro la verifica dell'effettiva stabilità biologica del consorzio batterico, autotrofo ed eterotrofo, necessaria al fine di valutare l'applicabilità di tale sistema innovativo al campo della depurazione di reflui notevolmente variabili nel tempo dal punto di vista della loro specifica composizione chimica (C/N ratio).

In figura viene riportato l'andamento del COD (Chemical Oxygen Demand) durante la seconda fase di sperimentazione, in cui sono chiaramente distinguibili le differenti condizioni operative (C/N = 0.25, C/N = 0.35, C/N = 0.54).



**Figura 2.** – Andamento del COD durante la Fase B.

L'elevata capacità dei sistemi MBBR di adeguarsi a condizioni particolarmente stressanti sia dal punto di vista meccanico (interruzione dell'aerazione) che dal punto di vista biologico (notevoli sovraccarichi organici), consente di concludere che tali sistemi risultano particolarmente adeguati al trattamento di reflui dotati di elevate concentrazioni di inquinanti, anche nel caso in cui questi presentino caratteristiche notevolmente variabili nel tempo dal punto di vista del contenuto di composti organici e azotati.

L'attività di sperimentazione svolta ha, inoltre, evidenziato ulteriormente le notevoli potenzialità legate all'utilizzo di sistemi innovativi per il trattamento delle acque reflue supportati dai biofilm, evidenziandone la notevole tolleranza a fattori ambientali ostili e l'elevata elasticità applicativa legata alla loro stessa natura. Risulta, dunque, assolutamente necessario pianificare ulteriori e specifiche attività di sperimentazione con l'obiettivo di analizzare, sempre più nel dettaglio, i complessi equilibri bio-chimici che regolano e consentono, dalle acque reflue, la rimozione di tali sostanze altamente inquinanti.