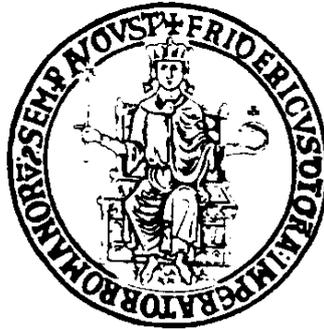


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”



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

**“MONITORAGGIO E VALUTAZIONE DELL'EFFETTO DI SOVRACCARICHI
DI UN IMPIANTO MBBR IN SCALA DI LABORATORIO ALIMENTATO CON
REFLUO ALIMENTATO AD ALTO TENORE DI AZOTO”**

Relatore

Ch.mo Prof. Ing. Francesco Pirozzi

Correlatore

Ing. Luigi Frunzo

Candidata

*Amelia Scotto d'Abbusco
matricola M67/100*

Anno Accademico 2012 – 2013

ABSTRACT

Le attività umane di tipo sociale, produttivo ed industriale, richiedono ed utilizzano un'abbondante quantità di acqua. Conseguenza diretta di questo utilizzo è la produzione di acque di scarico che, per poter essere restituite all'ambiente, devono necessariamente essere sottoposte ad un trattamento depurativo. L'immissione di acque ricche di inquinanti in assenza di trattamenti depurativi determinerebbe la compromissione dei normali equilibri dei rispettivi ecosistemi. 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. Le acque di scarico presentano caratteristiche differenti in funzione delle fonti di inquinamento da cui provengono, le quali possono essere provenienti dagli scarichi urbani, dallo spandimento dei reflui zootecnici, dall'utilizzo di fertilizzanti, dalle produzioni industriali, etc. La maggior parte delle acque di scarico risulta essere caratterizzata da alte concentrazioni di sostanza organica biodegradabile e nutrienti quali azoto e fosforo. 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.

Tali sistemi sono comunemente adoperati per la rimozione di azoto ammoniacale da acque reflue di tipo domestico. Nel caso di reflui ad alto 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 diverse tecnologie innovative per la depurazione di acque reflue ad elevato carico di azoto. Tra esse, 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 in grado di depurare reflui ad elevate concentrazioni di inquinante; nello specifico, è stato adoperato un sistema a biomassa adesa, ad elevata superficie specifica e capacità di trasferimento dell'ossigeno cioè il reattore biologico a letto mobile (MBBR-Moving Bed BioReactors). Con tale tecnologia è possibile realizzare sistemi con biomasse specializzate capaci di garantire una certa versatilità e flessibilità nella fase di gestione.

L'attività sperimentale è stata condotta presso il LARA (Laboratorio di Analisi e Ricerca Ambientale) e ha visto la messa a punto di un reattore a letto mobile (MBBR) in scala laboratorio, alimentato con un refluo sintetico. Il reattore è stato riempito adoperando supporti plastici Kaldnes K1 (figura 1), realizzati in polietilene ad alta densità (0,95 g/cm³), hanno forma cilindrica e presentano alette longitudinali sulla superficie esterna e setti interni che formano quattro canali aperti per il passaggio dell'acqua e l'attecchimento della pellicola biologica. I cilindri hanno lunghezza pari a 7 mm e diametro pari a 9 mm (senza tener conto delle alette esterne), offrendo una superficie specifica totale pari a 664 m²/m³. Tuttavia, siccome la biomassa cresce principalmente sulla superficie protetta interna degli elementi K1 la superficie specifica effettiva risulta pari a circa 335 m²/m³.

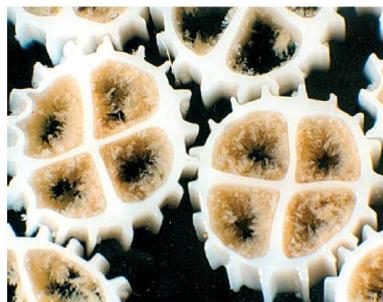


Figura 1 Biofilm sviluppato sugli elementi Kaldnes

L'impianto pilota (figura 3) destinato ad ospitare le famiglie microbiche protagoniste del processo di nitrificazione combinata è costituito da un bioreattore con capacità di 3,15 litri.

Il sistema, schematizzato in figura 2, consta dei seguenti principali elementi:

- Bioreattore (figura 3 A), costituito da un recipiente in vetro di forma cilindrica all'interno del quale sono posizionati i Kaldnes necessari per lo sviluppo del biofilm. La corrente idrica effluente è trascinata in un cono Imhoff (figura 3 B), posto a valle della fase biologica, dove la pellicola biologica distaccata è separata per sedimentazione dalla fase liquida.
- Sistema di pompaggio, consente di alimentare in continuo il reattore e di ricircolare il quantitativo volumetrico presente nel reattore.
- Impianto di aereazione, fornisce, alle specie microbiche, l'ossigeno necessario allo sviluppo delle attività depurative.

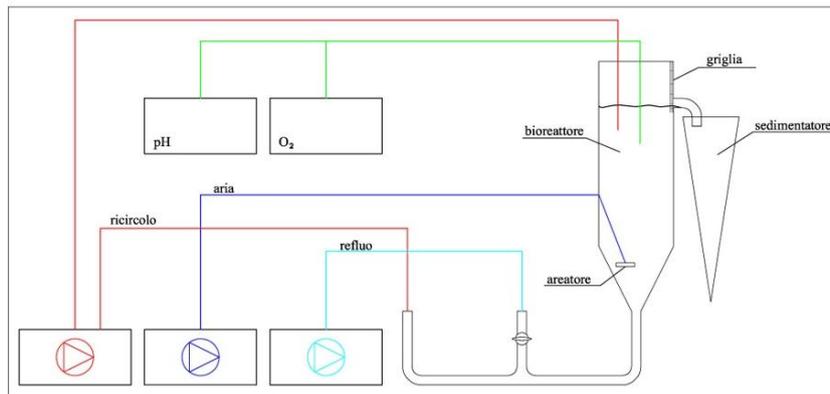


Figura 2 Schema di funzionamento dell'impianto in scala di laboratorio

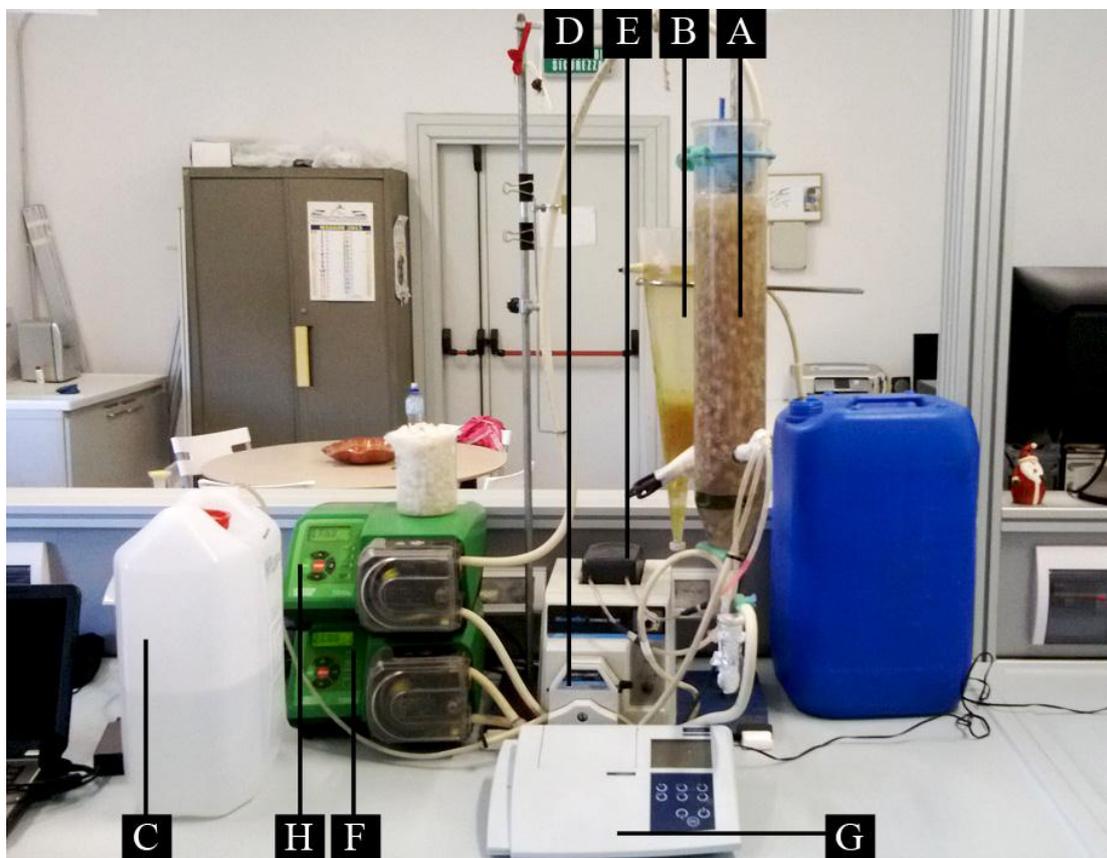


Figura 3 Impianto in scala di laboratorio

Il processo biologico si sviluppa all'interno del bioreattore. Il refluo sintetico (figura 3 C) è caricato, in continuo, al suo interno tramite una pompa esterna, Masterflex mod 7518-00 (figura 3 D). Il reattore biologico è riempito con materiali plastici (Kaldnes) la cui superficie viene colonizzata da microrganismi che formano una pellicola biologica deputata allo svolgimento dei processi di degradazione del substrato. Gli elementi plastici di supporto sono mantenuti in sospensione e continuo movimento grazie alla continua insufflazione d'aria, necessaria inoltre alla biologia del sistema microbico.

L'aria viene immessa sul fondo della vasca, mediante un opportuno sistema di insufflazione e si muove verso l'alto, attraversando l'intera altezza, per mezzo di opportuni diffusori. Le bolle di gas si muovono per effetto della differente densità fra aria e acqua. Per garantire che l'ossigeno così insufflato disponga di un tempo di contatto sufficientemente lungo senza disperdersi immediatamente in atmosfera, il bioreattore ha la dimensione dell' altezza, superiore a quella del diametro, e le bolle d'aria vengono generate con le minor dimensioni possibili. La zona di aereazione è separata dalla zona di movimentazione dei Kaldens da una retina in plastica che svolge anche la funzione di rompere le bolle d'aria.

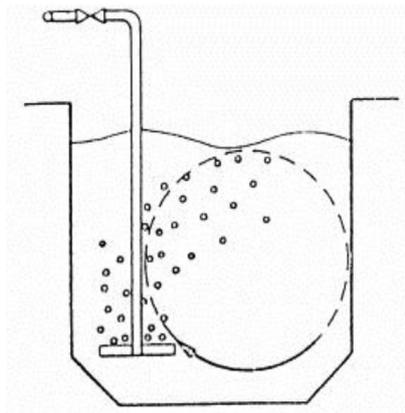


Figura 4 Sistema di aereazione ad aria insufflata

Il sistema è costituito da:

- un compressore da acquario (figura 3 E), capace di erogare una portata costante d'aria (4 l/min). Sono collegate al compressore, attraverso due tubi in silicone di diametro di 4 mm, due pietre porose;
- Una pompa peristaltica Watson Marlow 520 Du (figura 3 F), capace di erogare una portata variabile (0 – 22 l/min). È collegato alla pompa peristaltica, grazie ad un tubo in norprene di diametro di 4,8 mm, un diffusore.

Al bioreattore è affiancata una pompa peristaltica Watson Marlow 520 Du (figura 3 H), la quale consente di ricircolare il quantitativo volumetrico presente nel reattore. Questo ricircolo, in realtà, ha solo la funzione di garantire una migliore agitazione dei Kaldness all'interno del bioreattore.

Il sistema è, inoltre, dotato in sommità di uno sfioro grazie al quale è possibile mantenere costante il quantitativo volumetrico presente all'interno del reattore. Lo sfioro è, inoltre dotato di una griglia che impedisce la fuoriuscita dei Kaldnes trasportato dalla corrente idrica. L'effluente è, quindi, inviato ad un cono Imhoff dove la pellicola biologica distaccata dai Kaldnes è separata per sedimentazione dalla fase liquida.

La sperimentazione è stata volta alla verifica della capacità dell'impianto a degradare un refluo sintetico ad alto tenore di azoto ammoniacale. In particolare, sono stati effettuati diversi

sovraccarichi a diverse concentrazioni per valutare l'effettiva capacità di degradazione dell'impianto nelle varie condizioni.

L'intera attività sperimentale, della durata effettiva di circa 300 giorni, ha visto principalmente l'alternarsi di 6 fasi (vedi tabella 1) durante le quali sono state monitorate le performance dell'impianto. Nello specifico l'attenzione è stata volta sulla ricerca del massimo valore attribuibile al carico di ammonio volumetrico applicabile al reattore (ALR - Ammonia Loading Rate).

Fasi	Condizioni operative			
	Q [l/g]	N-NH ₄ ⁺ [mg/l]	Condizioni di esercizio	Incremento
I fase	3	1000	Stazionarie	N.I.
II fase	3-6	1000	Non Stazionarie	Raddoppio Portata
III fase	3	100-1000	Non Stazionarie	Incremento Graduale
IV fase	3	1000	Stazionarie	N.I.
V fase	3	1200	Non Stazionarie	Incremento Impulsivo
VI fase	3	1200	Non Stazionarie	Incremento Graduale

Tabella 1 Principali fasi operative del sistema MBBR

Per reattori MBBR sono suggeriti valori dei carichi volumetrici, relativi alla nitrificazione, di $0,15 - 0,35 \left[\frac{Kg_{N-NH_4^+}}{m^3_{reattoregiorno}} \right]$.

Nel lavoro di tesi, il bioreattore è stato alimentato con un refluo sintetico caratterizzato da un intervallo di $ALR = 0,15 - 0,93 \left[\frac{Kg_{N-NH_4^+}}{m^3_{reattoregiorno}} \right]$; valore di circa tre volte superiore a quanto suggerito dalla letteratura.

Nell'arco della sperimentazione il reattore è stato alimentato con reflui a concentrazione variabile nel range 100-1200 mgNH₄/l nonostante le condizioni operative non convenzionali il sistema ha fornito, una volta raggiunte le condizioni stazionarie, valori di efficienze depurative, quasi sempre prossime al 99%

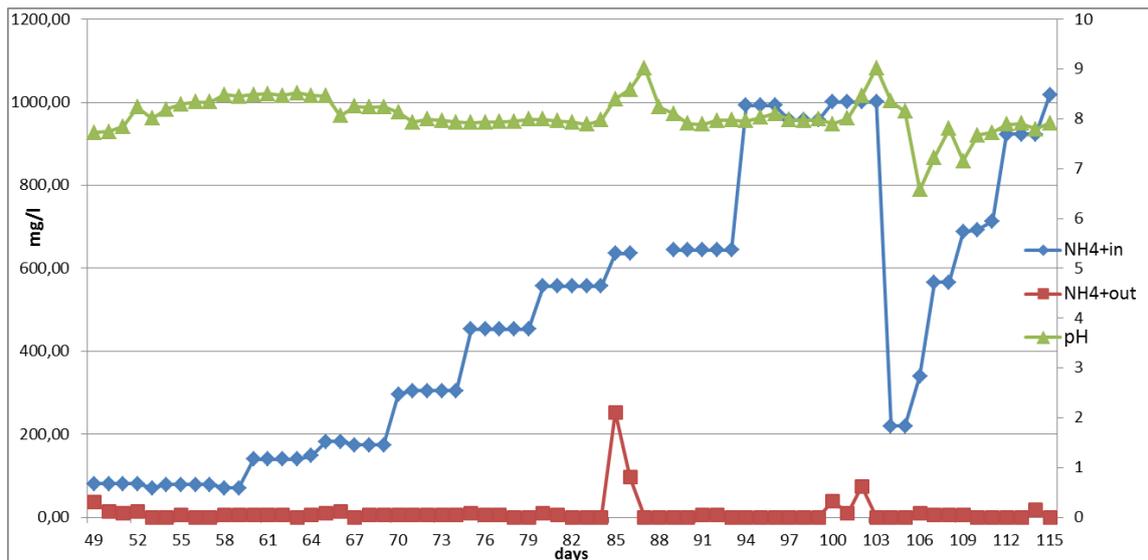


Figura 5 : Ciclo dell'azoto e variazione del pH per concentrazioni di 1000 mg/l N-NH4

Inoltre, è stato osservato che per concentrazioni molto alte l'impianto riesce a compiere la propria azione degradativa se l'aumento del carico è lento e graduale, in modo da permettere alla biomassa di adattarsi al nuovo carico immesso. Il lavoro di tesi, quindi, consente di affermare che la tecnologia MBBR è adattabile alla degradazione di reflui ad alto carico d'ammonio riuscendo ad abbattere concentrazioni di inquinanti superiori rispetto a quanto evidenziato nelle esperienze passate