

Università degli Studi di Napoli

“FEDERICO II”



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Corso di Studi in

“Ingegneria per l’Ambiente ed il Territorio”

Dipartimento di Ingegneria Civile Edile ed Ambientale

TESI DI LAUREA TRIENNALE

“Determinazione a mezzo di tecniche respirometriche delle costanti cinetiche del fango attivo dell’Impianto di depurazione di Area Nolana”

RELATORE

Ch.mo Prof. Ing.

Francesco Pirozzi

Ing. Vincenzo Luongo

CANDIDATO

Gianluca Candela

MATRICOLA

518/591

ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Abstract

Storicamente i sistemi di trattamento biologici, cioè quelli che sfruttano l'azione dei microrganismi, rivestono un ruolo fondamentale nel campo della depurazione delle acque reflue. Il ricorso a tali sistemi è molto diffuso non solo per il trattamento delle acque reflue civili, ma anche per le acque reflue provenienti da attività produttive. Lo studio delle modalità con cui la biomassa presente in un impianto degrada la sostanza organica inquinante rappresenta, ad oggi, uno dei filoni di ricerca applicata più interessanti e di primaria importanza dell'ingegneria sanitaria. Da tale studio, infatti, deriva la determinazione di una serie di parametri, costanti cinetiche, di fondamentale importanza nella progettazione e quindi nel dimensionamento degli impianti di depurazione. Difatti i valori effettivi di tali parametri possono discostarsi, anche in maniera significativa, dai valori di progetto con cui usualmente si dimensionano le fasi biologiche di un impianto di depurazione, rischiando di rendere tali impianti poco efficienti o del tutto inaffidabili. Negli ultimi anni, a causa della necessità di dover trattare acque contenenti substrati sempre più differenziati, sono state introdotte nuove tecnologie, consistenti nella messa a punto di sistemi di trattamento innovativi, nell'introduzione di nuovi schemi impiantistici, ma soprattutto nella caratterizzazione cinetica di questi substrati. Risulta quindi necessaria l'individuazione di equazioni in grado di descrivere il meccanismo secondo il quale la biomassa attiva all'interno di una fase di trattamento biologico si sviluppa oppure, in maniera analoga, le modalità attraverso le quali avviene la degradazione degli inquinanti dalle acque reflue.

Nel caso della biomassa eterotrofa agente in un tradizionale impianto a fanghi attivi e della sostanza organica che viene degradata da tali microrganismi, le leggi cinetiche maggiormente utilizzate sono quelle di Monod e Michaelis-Menten, attraverso le quali è possibile definire la velocità di crescita della biomassa cellulare eterotrofa e la velocità di degradazione della sostanza organica:

$$\frac{dX_H}{dt} = \mu_{H,max} \frac{S}{K_S+S} X_H - b_H X_H \quad [1]$$

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{1}{Y_H} \mu_{H,max} \frac{S}{K_S+S} X_H \quad [2]$$

Risulta quindi necessario, al fine di utilizzare tali leggi cinetiche, conoscere quelle che sono le costanti che caratterizzano la specifica biomassa in esame; tra le differenti tecniche di monitoraggio della biomassa una delle più innovative è senz'altro la respirometria, relativamente

poco costosa e di semplice utilizzo. Attraverso la misura dell'ossigeno consumato dai microrganismi è possibile stimare il tasso di attività biologica di questi ultimi e stimare i reali coefficienti cinetici e stechiometrici dei fanghi attivi, ricavando informazioni preziose per il corretto dimensionamento delle fasi biologiche degli impianti di depurazione oppure per la verifica dell'efficienza depurativa di impianti già in esercizio.

Obiettivo specifico di tale lavoro di tesi è stato provvedere, attraverso l'utilizzo di tecniche respirometriche, alla stima dei parametri cinetici e stechiometrici della biomassa eterotrofa attiva agente presso l'impianto di depurazione di Area Nolana.

Nello specifico sono state messe a punto tre differenti prove in scala di laboratorio, eseguite in duplicato per maggiore accuratezza dei risultati, rispettivamente volte all'individuazione di:

- b_H , velocità di decadimento cellulare $[d^{-1}]$;
- Y_H , coefficiente di resa cellulare $[mgCOD/mgCOD]$;
- $\mu_{H,max}$, velocità massima di crescita della biomassa $[d^{-1}]$.

L'applicazione delle tecniche respirometriche per la ricerca di tali parametri è stata possibile grazie all'utilizzo di un respirometro di tipo elettrochimico denominato BM Advance, messo a punto dalla società spagnola SURCIS, S.L. che si occupa esclusivamente della progettazione di tali strumenti. Tutte le analisi inerenti alla caratterizzazione del fango estratto dall'impianto di Area Nolana sono state effettuate presso il Laboratorio di Analisi e Ricerche Ambientali (L.A.R.A.) del dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale (D.I.C.E.A.) della Scuola Politecnica e delle Scienze di Base "Federico II" di Napoli.

Sono state messe a punto tre differenti prove respirometriche per l'identificazione dei coefficienti cinetici della biomassa, impostando i parametri di controllo dello strumento in funzione delle specifiche esigenze funzionali.

Per la determinazione del coefficiente di decadimento endogeno b_H è stato necessario implementare un test respirometrico della durata di circa 72 h a temperatura controllata (20 °C); soltanto dopo tale considerevole intervallo di tempo, infatti, il campione di fango si trova nella condizione di poter degradare biologicamente le sole cellule organiche decedute naturalmente, ed è possibile, quindi, registrare una velocità di consumo di ossigeno dovuta alla degradazione biologica delle cellule non più attive operata dalla biomassa stessa. Al fine di poter considerare, per l'intera durata della prova, che la biomassa non attui reazioni di sintesi cellulare, è stato imposto un rapporto iniziale tra substrato organico (Food) e biomassa (Microorganisms) pari a $\frac{F}{M} = 0.05$. Inoltre, per garantire che il consumo di ossigeno fosse legato alla sola attività dei

batteri eterotrofi, è stata somministrata Alliltiourea, un potente inibitore della biomassa autotrofa dosato proporzionalmente alla quantità di solidi volatili caratterizzanti il fango stesso. Dal respirogramma in Figura 1 è possibile distinguere un crollo dell'OUR (Oxygen Uptake Rate) dopo i primi due giorni del test; l'interpolazione dei dati, infine, ha consentito l'individuazione della legge esponenziale $OUR = 1.2083^{-0.0071d}$ dalla quale è stato possibile ricavare il valore finale di b_H pari a 0.30 d^{-1} .

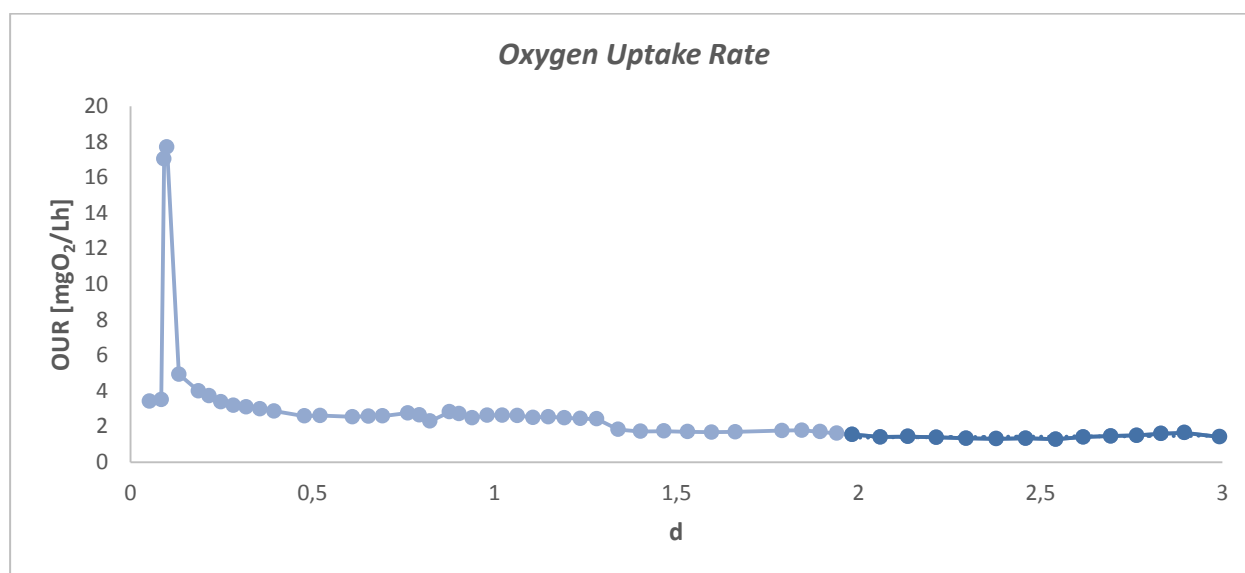


Figura 1. – Tasso di consumo di ossigeno nel tempo per la stima del coefficiente di decadimento endogeno.

Il secondo test respirometrico ha consentito l'individuazione del valore del coefficiente di resa cellulare della biomassa eterotrofa Y_H , costante cinetica di notevole interesse in quanto, a partire da questa, è possibile stimare la maggiore aliquota della portata massica totale di fango in uscita da un impianto di depurazione per il trattamento dei reflui civili. Le condizioni operative di questo test sono molto simili a quelle precedenti con la sola variante che, stavolta, sono state previste tre iniezioni consecutive di substrato rapidamente biodegradabile; le prime due hanno consentito ai batteri eterotrofi l'acclimatazione al substrato sintetico utilizzato (Acetato di Sodio), mentre la terza ha determinato un picco nella velocità di consumo di ossigeno proporzionale all'attività biologica nella sola fase esogena della biomassa eterotrofa. Dall'analisi del respirogramma in Figura 2 è possibile, a meno dell'ossigeno consumato per la respirazione endogena, correlare il valore di ossigeno consumato nell'unità di tempo a quello di COD degradato, ottenendo, in ultimo, il valore del coefficiente di resa cellulare Y_H di 0.67 mgCOD/mgCOD .

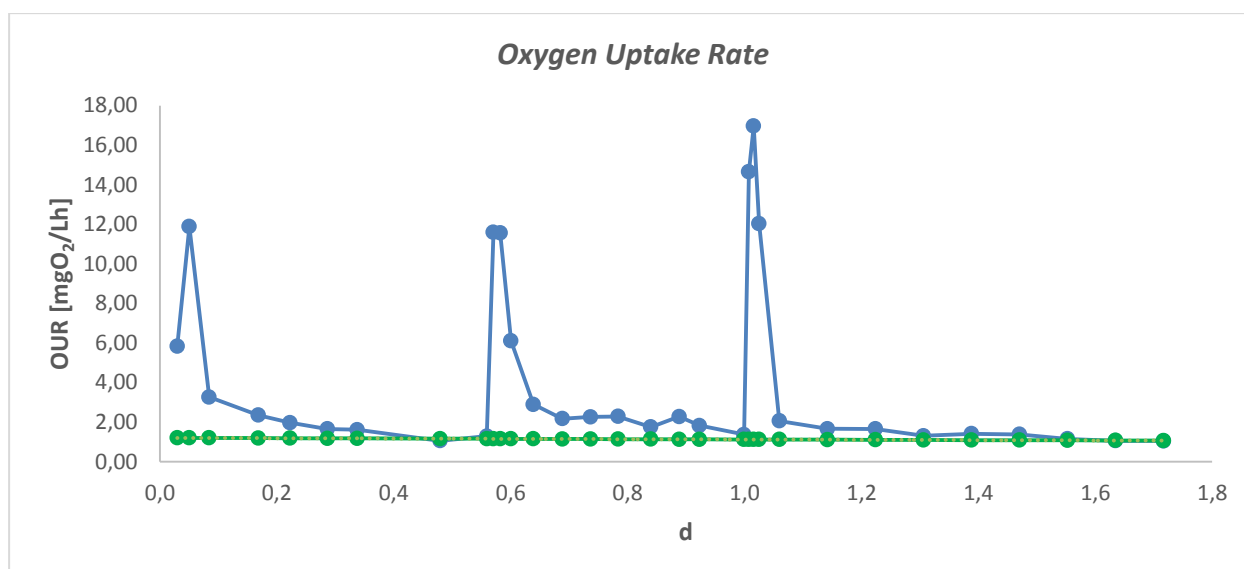


Figura 2. - Tasso di consumo di ossigeno nel tempo per la stima del coefficiente di resa cellulare.

Il terzo ed ultimo test respirometrico è stato messo a punto prevedendo un maggior fattore di diluizione del campione di fango, così da consentire alla massima portata di ossigeno somministrabile dal sistema d'insufflazione dell'aria in dotazione al respirometro di non risultare limitante durante la fase esponenziale di crescita della biomassa eterotrofa. È stato studiato il massimo consumo di ossigeno della biomassa a seguito della somministrazione di Acetato di Sodio in rapporto $\frac{F}{M} = 5$, che garantisce la disponibilità di substrato rapidamente biodegradabile per le reazioni di sintesi cellulare operate dai microrganismi in esame. Il valore del coefficiente di crescita cellulare $\mu_{H,max}$, pari a 3.50, è stato ottenuto attraverso l'interpolazione dei dati di OUR relativi alla fase di crescita della biomassa eterotrofa (Figura 3).

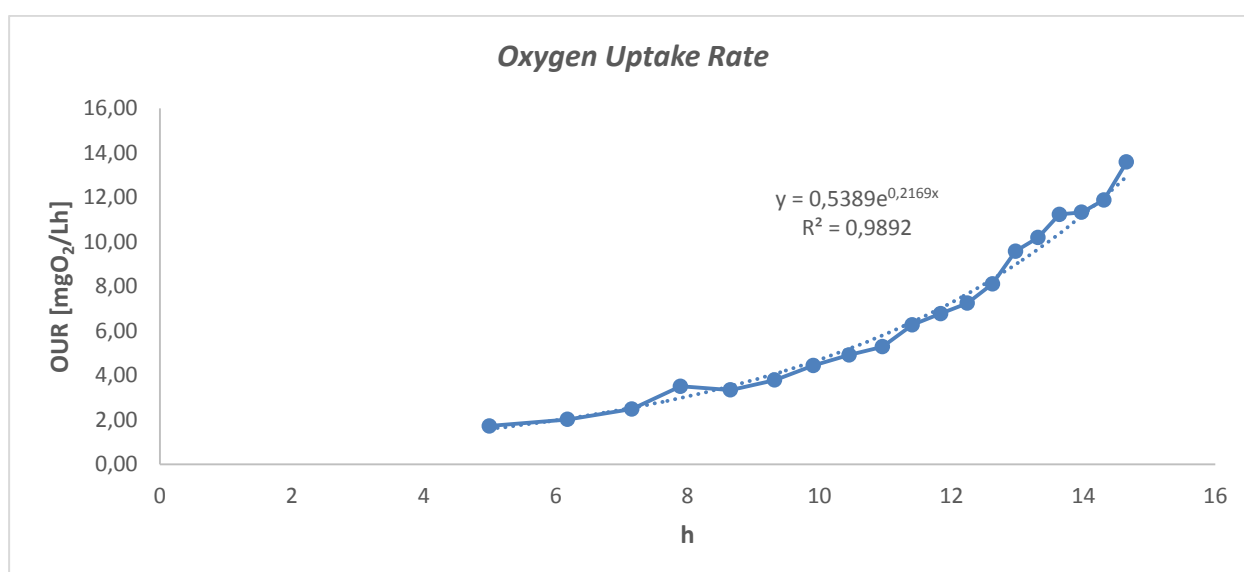


Figura 3. - Tasso di consumo di ossigeno nel tempo per la stima del massimo coefficiente di crescita cellulare.

Le attività sperimentali svolte nell'ambito del presente lavoro di tesi hanno, dunque, consentito

l'individuazione e l'esecuzione di procedure respirometriche atte alla caratterizzazione delle costanti cinetiche di una biomassa eterotrofa reale. Il risultato di maggiore interesse applicativo consiste nell'estrapolazione degli indici dell'attività microbica della biomassa operante nell'impianto di depurazione Area Nolana, che consente di ottenere informazioni non solo relative alla portata massica di fango prodotto annualmente dall'impianto, ma anche riguardanti la verifica del sistema d'insufflazione dell'aria operante nelle vasche di ossidazione biologica.

Le tecniche respirometriche sono risultate affidabili e di semplice utilizzo con la sola, intrinseca, limitazione di essere utilizzabili soltanto nel campo di applicazione delle biomasse operanti in condizioni aerobiche.